

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-267242

(43)公開日 平成8年(1996)10月15日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 3 K 9/095	5 1 0	8315-4E	B 2 3 K 9/095	5 1 0 E

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 26 頁)

(21)出願番号 特願平7-75425

(22)出願日 平成7年(1995)3月31日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 今永 昭慈

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72)発明者 羽田 光明

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72)発明者 古沢 幸一郎

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(74)代理人 弁理士 春日 謙

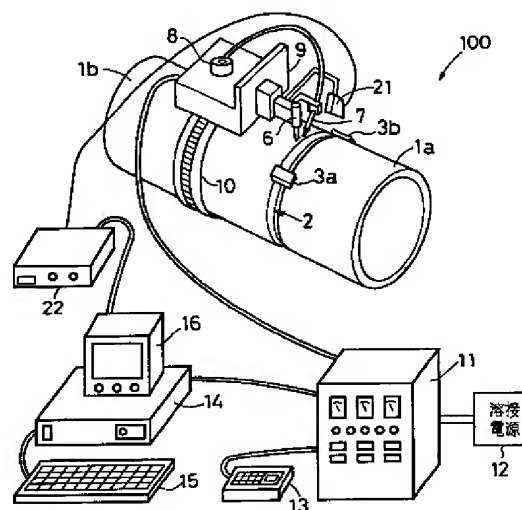
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 自動溶接装置及び溶接方法

(57)【要約】

【目的】非溶接時における障害物位置検出と溶接時における開先情報検出とをともに可能とする検出手段を用い、障害物を飛び越しながらの自動溶接とその障害物除去後の自動溶接とを可能とすることにより、溶接線に開先ブロックがある溶接ワークの開先継手溶接における溶接作業の完全自動化を図ることができる自動溶接装置及び溶接方法を提供する。

【構成】溶接前に、開先継手2に設置された開先ブロック3の位置等をセンサヘッド21及びセンサ画像処理装置22で検出した後、検出結果に基づき自走式溶接制御ヘッド9を走行させ自動溶接を開始し、開先ブロック3のある部分は溶接トーチ6を飛び越えさせ開先ブロック3のない部分は仮付け溶接し分割溶接を行う。そして開先ブロック3を撤去後、そのまま継続して、センサヘッド21で溶接トーチ6の溶接位置をモニターしつつ開先継手2内全域の接続溶接・初層裏波溶接・多層多パス溶接を自動的に行う。



1a, 1b: 内管の溶接ワーク	11: 溶接コントローラ
2: 開先継手	12: 溶接電源
3a, 3b: 開先ブロック	13: 操作ペンダント
6: 溶接トーチ	14: 演算制御装置
7: ワイヤ	15: キーボード
8: ワイヤリール	16: CRT
9: 溶接制御ヘッド	21: センサヘッド
10: レール	22: センサ画像処理装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 溶接ワークの突き合わせ部に形成された開先継手に対し溶接を行う可動式の溶接トーチと、この溶接トーチを駆動するトーチ駆動手段とを備え、前記開先継手の溶接線にほぼ沿って溶接進行方向へ走行する自走式の溶接制御ヘッドと、前記溶接制御ヘッドの走行を案内するガイドレールと、溶接時において前記溶接トーチの溶接位置を検出する第1の検出手段と、この第1の検出手段の検出結果に基づき、前記溶接トーチの溶接出力条件、前記トーチ駆動手段の駆動動作、及び前記溶接制御ヘッドの走行動作を制御する制御手段とを有し、前記開先継手に対する溶接を行う自動溶接装置において、非溶接時において前記開先継手の開先形状及びこの開先形状内に設けられた障害物の位置・形状・寸法を検出する第2の検出手段をさらに有し、かつ、前記制御手段は、前記第1及び第2の検出手段の検出結果に基づき、前記溶接トーチが、前記開先形状のうち前記障害物のない部分を溶接し、前記開先形状のうち前記障害物のある部分は溶接を行わず該障害物を飛び越えて回避するように、前記溶接トーチの溶接出力条件、前記トーチ駆動手段の駆動動作、及び前記溶接制御ヘッドの走行動作を制御する飛び越し溶接制御手段と、前記第1の検出手段の検出結果に基づき、前記溶接トーチが、前記開先形状内全域にわたって連続的に溶接を行うように、前記溶接トーチの溶接出力条件、前記トーチ駆動手段の駆動動作、及び前記溶接制御ヘッドの走行動作を制御する連続溶接制御手段とを備えていることを特徴とする自動溶接装置。

【請求項2】 請求項1記載の自動溶接装置において、前記第1及び第2の検出手段は、同一の1つの検出手段であり、かつこの1つの検出手段は、前記開先継手に線状の光線を照射する線状投光器と、前記線状の光線の反射像を撮像するカメラと、このカメラの検出画像を画像処理し、前記開先形状、前記障害物の位置・形状・寸法、及び前記溶接位置に関する必要な情報を抽出する画像処理手段とを備えていることを特徴とする自動溶接装置。

【請求項3】 請求項1記載の自動溶接装置において、前記連続溶接制御手段は、前記溶接トーチが前記開先形状内を全域にわたって溶接するときの溶接経路を演算する第1の経路演算手段と、この第1の経路演算手段の演算結果に基づき、前記溶接トーチの溶接出力条件、前記トーチ駆動手段の駆動動作、及び前記溶接制御ヘッドの走行動作を制御し、前記開先形状内全域にわたる連続溶接を行う第1の溶接実行手段とを備えていることを特徴とする自動溶接装置。

【請求項4】 請求項3記載の自動溶接装置において、前記連続溶接制御手段は、前記溶接トーチの溶接出力条件があらかじめ複数種類の溶接データとして設定入力されて記憶されている第1の溶接条件記憶手段をさらに有

しており、前記第1の溶接実行手段は、前記第1の溶接条件記憶手段に記憶された複数種類の溶接出力条件のうちの1つにしたがって前記開先形状内全域にわたる連続溶接を行うことを特徴とする自動溶接装置。

【請求項5】 請求項4記載の自動溶接装置において、前記第1の溶接条件記憶手段に記憶されている複数種類の溶接データのうち少なくとも一部は、前記開先継手の表側だけを溶かし裏側を溶かさないうちのエネルギーである、仮付け溶接条件のデータであることを特徴とする自動溶接装置。

【請求項6】 請求項3記載の自動溶接装置において、前記連続溶接制御手段は、前記第1の検出手段の検出結果に基づいて溶接時における前記溶接制御ヘッドの走行方向と前記開先継手の溶接線との方向との偏差を計算し、この偏差に従って前記第1の経路演算手段で演算された溶接経路を補正する第1の補正手段をさらに有し、前記第1の溶接実行手段は、この補正された溶接経路に基づいて前記溶接トーチの溶接出力条件、前記トーチ駆動手段の駆動動作、及び前記溶接制御ヘッドの走行動作を制御することを特徴とする自動溶接装置。

【請求項7】 請求項6記載の自動溶接装置において、前記第1の検出手段は、前記溶接トーチよりも溶接方向に先行した位置でかつ前記障害物の高さより高い位置となるように前記溶接制御ヘッドに固定されており、前記第1の補正手段は、前記第1の検出結果に基づいて計算された偏差を基に、前記第1の検出手段よりも遅れて進行してくる前記溶接トーチの遅れ距離を考慮しつつ、前記第1の経路演算手段で演算された溶接経路を補正する遅延微い補正を行うことを特徴とする自動溶接装置。

【請求項8】 請求項1記載の自動溶接装置において、前記飛び越し溶接制御手段は、前記溶接トーチが前記開先形状のうち前記障害物のない部分を溶接するときの溶接経路及び該溶接トーチが前記障害物を飛び越えて回避するための回避経路を演算する第2の経路演算手段と、この第2の経路演算手段の演算結果に基づき、前記溶接トーチの溶接出力条件、前記トーチ駆動手段の駆動動作、及び前記溶接制御ヘッドの走行動作を制御し、飛び越し溶接を行う第2の溶接実行手段とを備えていることを特徴とする自動溶接装置。

【請求項9】 請求項8記載の自動溶接装置において、前記飛び越し溶接制御手段は、前記溶接トーチの溶接出力条件があらかじめ複数種類の溶接データとして設定入力されて記憶されている第2の溶接条件記憶手段をさらに有しており、前記第2の溶接実行手段は、前記第2の溶接条件記憶手段に記憶された複数種類の溶接出力条件のうちの1つにしたがって前記溶接経路における溶接を行うことを特徴とする自動溶接装置。

【請求項10】 請求項9記載の自動溶接装置において、前記第2の溶接条件記憶手段に記憶されている複数種類の溶接データのうち少なくとも一部は、前記開先継

手の表側だけを溶かし裏側を溶かさない大きさのエネルギーである、仮付け溶接条件のデータであることを特徴とする自動溶接装置。

【請求項11】 請求項8記載の自動溶接装置において、前記飛び越し溶接制御手段は、前記第1の検出手段の検出結果に基づいて溶接時における前記溶接制御ヘッドの走行方向と前記開先継手の溶接線の方向との偏差を計算し、この偏差に従って前記第2の経路演算手段で演算された溶接経路を補正する第2の補正手段をさらに有し、前記第2の溶接実行手段は、この補正された溶接経路に基づいて前記溶接トーチの溶接出力条件、前記トーチ駆動手段の駆動動作、及び前記溶接制御ヘッドの走行動作を制御することを特徴とする自動溶接装置。

【請求項12】 請求項11記載の自動溶接装置において、前記第1の検出手段は、前記溶接トーチよりも溶接方向に先行した位置でかつ前記障害物の高さより高い位置となるように前記溶接制御ヘッドに固定されており、前記第2の補正手段は、前記第1の検出結果に基づいて計算された偏差を基に、前記第1の検出手段よりも遅れて進行してくる前記溶接トーチの遅れ距離を考慮しつつ、前記第2の経路演算手段で演算された溶接経路を補正する遅延微い補正を行うことを特徴とする自動溶接装置。

【請求項13】 請求項1記載の自動溶接装置において、略平板形状の溶接ワークの直線状開先継手に対し、溶接を行うことを特徴とする自動溶接装置。

【請求項14】 請求項1記載の自動溶接装置において、略円管形状の溶接ワークの円周状開先継手に対し、全姿勢溶接を行うことを特徴とする自動溶接装置。

【請求項15】 自走式の溶接制御ヘッドに備えられた可動式の溶接トーチの溶接位置を第1の自動検出手段で検出し、これに応じて該溶接トーチを駆動するとともに前記溶接制御ヘッドを走行させることにより、溶接ワークの突き合わせ部に形成された開先継手に対し溶接を行う溶接方法において、前記開先継手の開先形状内に前記溶接線を横切って複数の開先ブロックを設置し溶接ワークどうしを固定する第1の手順と、

前記開先形状内の開先ブロックの位置を第2の自動検出手段で検出する第2の手順と、

前記第1及び第2の自動検出手段の検出結果に基づき、前記溶接トーチを駆動しつつ前記溶接制御ヘッドを溶接進行方向に走行させて、前記開先形状のうち前記開先ブロックのある部分は前記溶接トーチに該開先ブロックを飛び越えさせて回避させ、前記開先形状のうち前記開先ブロックのない部分には分割溶接を行う第3の手順と、前記分割溶接終了後、前記開先ブロックを撤去する第4の手順と、

前記開先ブロック撤去後、第1の自動検出手段の検出結果に基づき前記溶接トーチを駆動しつつ前記溶接制御ヘ

ッドを走行させ、前記開先形状内全域の溶接を行う第5の手順と、を有することを特徴とする溶接方法。

【請求項16】 請求項15記載の溶接方法において、前記第2の手順は、前記溶接トーチが前記開先ブロックに衝突しないように回避する方向に該溶接トーチを移動させた後、この回避した状態で前記溶接制御ヘッドを走行させることにより、該溶接制御ヘッドに設けられた検出手段で前記開先形状内の開先ブロックの位置を自動検出する手順であることを特徴とする溶接方法。

【請求項17】 請求項15記載の溶接方法において、略平板状の溶接ワークの直線状開先継手に対し、溶接を行うことを特徴とする溶接方法。

【請求項18】 請求項15記載の溶接方法において、略円管形状の溶接ワークの円周状開先継手に対し、全姿勢溶接を行うことを特徴とする溶接方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、開先継手の溶接に係わり、特に、溶接線を横切って設けられた複数個の開先ブロックによって固定されている開先継手において、溶接ワークどうしの溶接を行なうのに好適な自動溶接装置及び溶接方法を提供する。

【0002】

【従来の技術】一般に、原子力発電プラントや化学プラントのような重要構造物の溶接においては、高品質で信頼性の高い溶接構造が求められている。そして、開先継手の寸法精度や溶接品質を確保するため、例えば、溶接前には開先継手に対する立会い検査が行なわれ、また溶接を実施した後にはその溶接結果に対する品質検査が行なわれる。すなわち、万一溶接前の立会い検査において、開先継手の寸法精度が不十分として不合格となった場合には、溶接の実施許可が認められず、寸法精度を満たすように開先継手の施工を再び改めなければならない。溶接前に立会い検査を必要とするような溶接ワークに対しては、その開先継手の形状や寸法精度が検分できるように、溶接線を横切って取付けた複数個の開先ブロックによって開先継手の溶接ワークが位置決め固定される。

【0003】このような開先ブロックで固定した開先継手の一例として、円管の円周開先継手を図22(a)～(c)に示す。図22(a)において、固定円管(パイプ)の溶接ワーク501aと501bとの間に形成された開先継手502の周方向の溶接線上に、数個(例えば4箇所)の開先ブロック503が設けられている。また、この開先ブロック503の設置箇所であるA-A断面を図22(b)に、開先ブロック503の未設置箇所であるB-B断面を図22(c)にそれぞれ示す。図22(b)に示されるように、左右の溶接ワーク501a、501bと開先ブロック503は、溶接504によって固定されている。

【0004】なお、図22(a)に示した固定円管の円周開先継手の変形例として、例えば図23に示すようなインサートリング505を設けた開先継手512を使用することもある。

【0005】以上、例を挙げて説明したように、溶接線を横切って取付けた開先ブロックで固定された開先継手においても、溶接前に立会い検査を受けなければならない場合がある。この立会い検査に合格して始めて、溶接の実施許可が認可されることになる。

【0006】通常、開先継手の溶接は、多層多パス溶接を行わなければならないが、しかも、裏側まで完全溶け込みの高品質な溶接結果が要求されることから高度な溶接技術が必要となる。

(1) 手動溶接

上記背景のもと、前述した開先ブロック付きの開先継手の溶接方法として、従来、高度な溶接技能を有する熟練溶接作業員によって手動操作の溶接が行われていた。この時の溶接法は、主としてTIG(タングステン イナート ガス)アーク溶接法が用いられ、例えば、手動式の溶接トーチの電極と溶接母材との間に発生させたアークの中に溶加材(溶接ワイヤ)を送り溶融させながら溶接を行なうものである。

【0007】このとき特に、溶接線を横切るように複数箇所に開先ブロックが設置されていることから、まず、開先ブロックが設置されていない箇所の初層溶接を、断続的に分割溶接(この分割数は開先ブロックの設置個数と等しくなる)する形で行うことになる。このとき、裏側まで完全に溶融させながら均一な裏波ビードが形成するようにしなければならない。上記開先ブロック未設置箇所の断続的な分割溶接を終えると、開先ブロックを除去し、分割されている残りの未溶接部の溶接を含む全体の初層溶接を、先の分割溶接によるビードと接続させる形で行う。この接続溶接では、均一な裏波ビードを形成させるために、前のビードと溶接中のビードとの重ね合わせの溶接処理に注意深い高度な施工技術が必要である。

【0008】このようにして初層溶接を終了した後、さらに、この開先継手を溶融金属で埋めるための次層から最終層までの多層多パス溶接を順次実施する。すなわち、溶接作業員が溶接トーチを手動操作してTIG溶接を行っていく。この時の溶接動作では、アーク中に溶加材を送ると同時に、溶接トーチを巧みに揺動(ウィービング動作)させながら溶接ビードを形成させる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来から手動溶接作業は悪環境下の労働であると言われており、特に、多層多パス溶接は、長時間にわたる過酷な作業にならざるを得ない。そして、上述したように溶接線を横切るように開先ブロックが設置されている開先継手に対し、熟練溶接作業員による溶接トーチの手動操作に

よって溶接を行なうと、担当する作業員の技能・体調が溶接結果に及ぼす影響が大きく、常に健全で良好な溶接品質を確保することが難しい。さらに、熟練作業員の高齢化や溶接継承者の不足によって、将来、熟練溶接作業員の確保が困難になることが予想されている。したがって、溶接の自動化及び高度化を図ることが強く要求されている。

【0010】(2) 汎用自動溶接装置

そこで、上記の自動化への要望に応じる形で汎用の自動溶接装置が開発され、実用化されている。すなわち、溶接トーチを備えた溶接ヘッドが台車上に設けられ、これらの動作を作業員がスイッチ等によって遠隔操作することで溶接を行うものである。このような汎用自動溶接装置を用いる場合には、開先ブロック設置中における分割溶接及び開先ブロック除去直後における接続溶接を含む初層溶接と、その後の数パス溶接とは、上記(1)の熟練溶接作業員による手動溶接で行い、これより後の多層多パス溶接のみこの自動溶接装置を取り付けて行うことになる。多層多パス溶接時には、自動溶接装置を所定の位置にセットした後、熟練溶接作業員が、溶接状態を常時監視しながら溶接位置や溶接条件の修正動作を手動操作で行ない、溶接トーチ及び溶接ワイヤを揺動させながら溶接作業を順次実施する。

【0011】(3) 手動操作不要の自動溶接装置

ここにおいて、上記(2)の汎用自動溶接装置においては、溶接作業員による手動操作が依然として必要である。すなわち、溶接中において、溶接位置・溶接条件の自動設定機能・自動補正機能を持っていないことから、溶接作業員が溶接パス毎にその溶接状況を常時監視し、手動操作によって頻繁に溶接位置の修正や溶接条件の設定・変更等を行わなければならない。そこで、さらに自動化を進め、基本的に溶接中における監視・手動操作を不要とする自動溶接装置が提唱されており、これに関する公知技術として、例えば、以下のものがある。

①特公平4-59993号公報

この公知技術は、溶接線と直角方向に揺動させた光学式距離センサから得られる開先検出の情報をもとに、トーチ狙い位置の補正や溶接条件補正を演算決定し、円筒継手の多層振り分け溶接を行うものである。

②特公平3-75268号公報

この公知技術は、アーク光を含む溶接部の映像をテレビカメラで撮像し、その輝度分布から相対位置を演算して、トーチ位置の補正制御を行うものである。

③特公平2-54188号公報

この公知技術は、上進姿勢となる両溶接方向に振り分けて溶接線を教示した後、その教示データの再生によって溶接の実行制御を行うものである。

【0012】ここにおいて、上記公知技術①～③による自動溶接装置を、開先ブロック付きの固定円管の円周開先継手に適用しようとした場合、以下の問題点が存在す

る。すなわち、公知技術①による自動溶接装置においては、アーク光の溶接部がフラックスで覆われる潜弧溶接（サブマージドアーク溶接）によって多層多パス溶接を行うものである。この潜弧溶接は、電極が溶加材を兼ねることやフラックスを用いることから、溶接姿勢によっては溶融金属やフラックスが流動する恐れがあり、また大形の溶接設備になりやすい。したがって、溶接制御ヘッド自体を固定管の外周に設置して全姿勢溶接を行う固定円管の円周開先継手の溶接に対しては、適用することが困難である。また、固定円管の円周開先継手の溶接においては、通常、アーク光が散乱するアーク溶接（TIG溶接・プラズマ溶接等）が採用されるので、この場合、そのアーク光が光学式距離センサの検出結果に多大な悪影響を及ぼし、事実上検出が不可能となる。さらに、ここでは光学式距離センサを溶接線と直角方向に揺動させているので、その揺動機構が必要で複雑になりやすい上に、溶接速度の大小によって開先断面形状が変化しやすい。

【0013】さらに、公知技術②による自動溶接装置においては、アークが発生している間はそのアーク光の輝度分布を利用してテレビカメラによる撮像が可能であるが、アーク消去時には画像が見えなくなる。すなわち、開先ブロック付きの固定円管の円周開先継手の場合、前述したように、開先ブロック設置中における分割溶接を自動で行うとすれば分割溶接に先立って開先ブロックの位置を検出する必要があるが、この場合の位置検出が不可能である。逆に、テレビカメラ側の輝度分布設定をこの位置検出が可能のように調整したとすると、こんどは溶接時における開先情報検出が不可能となる。つまり、非溶接時における障害物位置検出と溶接時における開先情報検出とを同時に可能とすることができず、すべての溶接作業の完全自動化を図ることができない。また、アーク光の赤外線領域の輝度分布を抽出するためには特殊な大形のカメラが必要となる。

【0014】また、公知技術③の自動溶接装置においては、上進姿勢方向に振り分けて溶接を行うようにしているので、溶接線の教示動作や反転の溶接動作が複雑になりやすく、円周を一周するような全姿勢溶接を行う固定円管の円周開先継手の溶接に対しては適用することができない。

【0015】さらに、結局、公知技術①～③の自動溶接装置においては、溶接線を横切って取り付けられた障害物を飛び越えるような溶接動作制御機能を持っていないので、開先ブロック付きの開先継手の自動溶接に適用することができない。すなわち、もし使用するとしても、結局上記（2）の汎用の自動溶接装置と同様、溶接線を横切って取り付けられた開先ブロックを除去した後、さらに手動溶接を数層数パス実施した後からしか適用できない。

【0016】本発明の第1の目的は、非溶接時における

障害物位置検出と溶接時における開先情報検出とをともに可能とする検出手段を用い、障害物を飛び越しながらの自動溶接とその障害物除去後の自動溶接とを可能とすることにより、溶接線上に開先ブロックがある溶接ワークの開先継手溶接における溶接作業の完全自動化を図ることができる自動溶接装置及び溶接方法を提供することである。

【0017】本発明の第2の目的は、非溶接時における障害物位置検出と溶接時における開先情報検出とをともに可能とする検出手段を用い、障害物を飛び越しながらの全姿勢自動溶接とその障害物除去後の全姿勢自動溶接とを可能とすることにより、溶接線上に開先ブロックがある固定円管の円周開先継手溶接における溶接作業の完全自動化を図ることができる自動溶接装置及び溶接方法を提供することである。

【0018】

【課題を解決するための手段】上記第1の目的を達成するために、本発明によれば、溶接ワークの突き合わせ部に形成された開先継手に対し溶接を行う可動式の溶接トーチと、この溶接トーチを駆動するトーチ駆動手段とを備え、前記開先継手の溶接線にはほぼ沿って溶接進行方向へ走行する自走式の溶接制御ヘッドと、前記溶接制御ヘッドの走行を案内するガイドレールと、溶接時において前記溶接トーチの溶接位置を検出する第1の検出手段と、この第1の検出手段の検出結果に基づき、前記溶接トーチの溶接出力条件、前記トーチ駆動手段の駆動動作、及び前記溶接制御ヘッドの走行動作を制御する制御手段とを有し、前記開先継手に対する溶接を行う自動溶接装置において、非溶接時において前記開先継手の開先形状及びこの開先形状内に設けられた障害物の位置・形状・寸法を検出する第2の検出手段をさらに有し、かつ、前記制御手段は、前記第1及び第2の検出手段の検出結果に基づき、前記溶接トーチが、前記開先形状のうち前記障害物のない部分を溶接し、前記開先形状のうち前記障害物のある部分は溶接を行わず該障害物を飛び越えて回避するように、前記溶接トーチの溶接出力条件、前記トーチ駆動手段の駆動動作、及び前記溶接制御ヘッドの走行動作を制御する飛び越し溶接制御手段と、前記第1の検出手段の検出結果に基づき、前記溶接トーチが、前記開先形状内全域にわたって連続的に溶接を行うように、前記溶接トーチの溶接出力条件、前記トーチ駆動手段の駆動動作、及び前記溶接制御ヘッドの走行動作を制御する連続溶接制御手段とを備えていることを特徴とする自動溶接装置が提供される。

【0019】好ましくは、前記自動溶接装置において、前記第1及び第2の検出手段は、同一の1つの検出手段であり、かつこの1つの検出手段は、前記開先継手に線状の光線を照射する線状投光器と、前記線状の光線の反射像を撮像するカメラと、このカメラの検出画像を画像処理し、前記開先形状、前記障害物の位置・形状・寸

法、及び前記溶接位置に関する必要な情報を抽出する画像処理手段とを備えていることを特徴とする自動溶接装置が提供される。

【0020】また好ましくは、前記自動溶接装置において、前記連続溶接制御手段は、前記溶接トーチが前記開先形状内を全域にわたって溶接するときの溶接経路を演算する第1の経路演算手段と、この第1の経路演算手段の演算結果に基づき、前記溶接トーチの溶接出力条件、前記トーチ駆動手段の駆動動作、及び前記溶接制御ヘッドの走行動作を制御し、前記開先形状内全域にわたる連続溶接を行う第1の溶接実行手段とを備えていることを特徴とする自動溶接装置が提供される。

【0021】さらに好ましくは、前記自動溶接装置において、前記連続溶接制御手段は、前記溶接トーチの溶接出力条件があらかじめ複数種類の溶接データとして設定入力されて記憶されている第1の溶接条件記憶手段をさらに有しており、前記第1の溶接実行手段は、前記第1の溶接条件記憶手段に記憶された複数種類の溶接出力条件のうちの1つにしたがって前記開先形状内全域にわたる連続溶接を行うことを特徴とする自動溶接装置が提供される。

【0022】また好ましくは、前記自動溶接装置において、前記第1の溶接条件記憶手段に記憶されている複数種類の溶接データのうち少なくとも一部は、前記開先継手の表側だけを溶かし裏側を溶かさない大きさのエネルギーである、仮付け溶接条件のデータであることを特徴とする自動溶接装置が提供される。

【0023】さらに好ましくは、前記自動溶接装置において、前記連続溶接制御手段は、前記第1の検出手段の検出結果に基づいて溶接時における前記溶接制御ヘッドの走行方向と前記開先継手の溶接線の方

10

20

30

40

50

向との偏差を計算し、この偏差に従って前記第1の経路演算手段で演算された溶接経路を補正する第1の補正手段をさらに有し、前記第1の溶接実行手段は、この補正された溶接経路に基づいて前記溶接トーチの溶接出力条件、前記トーチ駆動手段の駆動動作、及び前記溶接制御ヘッドの走行動作を制御することを特徴とする自動溶接装置が提供される。

【0026】また好ましくは、前記自動溶接装置において、前記飛び越し溶接制御手段は、前記溶接トーチの溶接出力条件があらかじめ複数種類の溶接データとして設定入力されて記憶されている第2の溶接条件記憶手段をさらに有しており、前記第2の溶接実行手段は、前記第2の溶接条件記憶手段に記憶された複数種類の溶接出力条件のうちの1つにしたがって前記溶接経路における溶接を行うことを特徴とする自動溶接装置が提供される。

【0027】さらに好ましくは、前記自動溶接装置において、前記第2の溶接条件記憶手段に記憶されている複数種類の溶接データのうち少なくとも一部は、前記開先継手の表側だけを溶かし裏側を溶かさない大きさのエネルギーである、仮付け溶接条件のデータであることを特徴とする自動溶接装置が提供される。

【0028】また好ましくは、前記自動溶接装置において、前記飛び越し溶接制御手段は、前記第1の検出手段の検出結果に基づいて溶接時における前記溶接制御ヘッドの走行方向と前記開先継手の溶接線の方

向との偏差を計算し、この偏差に従って前記第2の経路演算手段で演算された溶接経路を補正する第2の補正手段をさらに有し、前記第2の溶接実行手段は、この補正された溶接経路に基づいて前記溶接トーチの溶接出力条件、前記トーチ駆動手段の駆動動作、及び前記溶接制御ヘッドの走行動作を制御することを特徴とする自動溶接装置が提供される。

【0029】さらに好ましくは、前記自動溶接装置において、前記第1の検出手段は、前記溶接トーチよりも溶接方向に先行した位置でかつ前記障害物の高さより高い位置となるように前記溶接制御ヘッドに固定されており、前記第2の補正手段は、前記第1の検出結果に基づいて計算された偏差を基に、前記第1の検出手段よりも遅れて進行してくる前記溶接トーチの遅れ距離を考慮しつつ、前記第2の経路演算手段で演算された溶接経路を補正する遅延微い補正を行うことを特徴とする自動溶接装置が提供される。

【0030】また好ましくは、前記自動溶接装置において、略平板形状の溶接ワークの直線状開先継手に対し、溶接を行うことを特徴とする自動溶接装置が提供される。

【0031】さらに好ましくは、上記第1及び第2の目的を達成するために、前記自動溶接装置において、略円管形状の溶接ワークの円周状開先継手に対し、全姿勢溶

11

接を行うことを特徴とする自動溶接装置が提供される。

【0032】また上記第1の目的を達成するために、本発明によれば、自走式の溶接制御ヘッドに備えられた可動式の溶接トーチの溶接位置を第1の自動検出手段で検出し、これに応じて該溶接トーチを駆動するとともに前記溶接制御ヘッドを走行させることにより、溶接ワークの突き合わせ部に形成された開先継手に対し溶接を行う溶接方法において、前記開先継手の開先形状内に前記溶接線を横切って複数の開先ブロックを設置し溶接ワークどうしを固定する第1の手順と、前記開先形状内の開先ブロックの位置を第2の自動検出手段で検出する第2の手順と、前記第1及び第2の自動検出手段の検出結果に基づき、前記溶接トーチを駆動しつつ前記溶接制御ヘッドを溶接進行方向に走行させて、前記開先形状のうち前記開先ブロックのある部分は前記溶接トーチに該開先ブロックを飛び越えさせて回避させ、前記開先形状のうち前記開先ブロックのない部分には分割溶接を行う第3の手順と、前記分割溶接終了後、前記開先ブロックを撤去する第4の手順と、前記開先ブロック撤去後、第1の自動検出手段の検出結果に基づき前記溶接トーチを駆動し

つつ前記溶接制御ヘッドを走行させ、前記開先形状内全域の溶接を行う第5の手順と、を有することを特徴とする溶接方法が提供される。

【0033】好ましくは、前記溶接方法において、前記第2の手順は、前記溶接トーチが前記開先ブロックに衝突しないように回避する方向に該溶接トーチを移動させた後、この回避した状態で前記溶接制御ヘッドを走行させることにより、該溶接制御ヘッドに設けられた検出手段で前記開先形状内の開先ブロックの位置を自動検出する手順であることを特徴とする溶接方法が提供される。

【0034】また好ましくは、前記溶接方法において、略平板形状の溶接ワークの直線状開先継手に対し、溶接を行うことを特徴とする溶接方法が提供される。

【0035】さらに好ましくは、上記第1及び第2の目的を達成するために、前記溶接方法において、略円管形状の溶接ワークの円周状開先継手に対し、全姿勢溶接を行うことを特徴とする溶接方法が提供される。

【0036】

【作用】以上のように構成した本発明においては、溶接線上に開先ブロックがある開先継手の溶接を行う際には、溶接を開始する前に、あらかじめ第2の検出手段で、開先継手の開先形状と、この開先形状内に設けられた障害物としての開先ブロックの位置・形状・寸法を検出する。そして、可動式の溶接トーチを備えた自走式の溶接制御ヘッドを、ガイドレールを介して開先継手の溶接線に沿って溶接進行方向へ走行させ、同時にトーチ駆動手段で溶接トーチを所定位置に適宜動かし（例えばウィーピングも行い）つつ、溶接を開始する。このとき、まず最初は、第2の検出手段からの開先形状・障害物に関する検出結果と、第1の検出手段からの溶接トーチの

12

溶接位置に関する検出結果に応じ、制御手段に設けられた飛び越し溶接制御手段によって溶接トーチ・トーチ駆動手段・溶接制御ヘッドが制御され、溶接トーチは、開先形状のうち開先ブロックのない部分を溶接するとともに、開先ブロック部分は溶接を行わず開先ブロックを飛び越えて回避する。例えば、開先ブロックが設置されている手前で溶接動作を一時停止すると共に、溶接トーチを溶接面から上昇する方向に回避させて開先ブロックに衝突させることなく飛び越え、開先ブロックを十分通過した位置で溶接面に下降し、再び溶接を再開して次の開先ブロックの手前までの溶接動作を行う。このような飛び越し動作を開先ブロック設置個数だけ繰り返すことにより、開先ブロック設置箇所以外の箇所を断続的に分割溶接することができる。このようにして分割溶接が終了すると、分割溶接部分で溶接ワークどうしが固定されることから、開先ブロックを除去しても開先継手部が保持される。そして開先ブロックを除去した後は、第1の検出手段からの溶接トーチの溶接位置に関する検出結果に応じ、制御手段に設けられた連続溶接制御手段で溶接トーチ・トーチ駆動手段・溶接制御ヘッドが制御されて通常の溶接動作が行われ、溶接トーチは、開先形状内全域にわたって連続的に溶接を行うことができる。すなわち、溶接制御ヘッドを取り外すことなく、分割溶接部との接続溶接を含む全体の初層溶接と、その後の多層多パス溶接とを継続して行うことができる。

【0037】また、第1及び第2の検出手段が同一の1つの検出手段で、開先継手に線状の光線を照射する線状投光器と、線状の光線の反射像を撮像するカメラと、このカメラの検出画像を画像処理し、開先形状、障害物の位置・形状・寸法、及び溶接位置に関する必要な情報を抽出する画像処理手段とを備えていることにより、溶接時において溶接トーチの溶接位置を検出する第1の検出手段と、非溶接時において開先継手の開先形状及びこの開先形状内に設けられた障害物の位置・形状・寸法を検出する第2の検出手段とを実現するとともに、これらを1つの手段で兼ねることができる。さらに、連続溶接制御手段は、溶接トーチが開先形状内を全域にわたって溶接するときの溶接経路を演算する第1の経路演算手段と、この第1の経路演算手段の演算結果に基づき、溶接トーチの溶接出力条件、トーチ駆動手段の駆動動作、及び溶接制御ヘッドの走行動作を制御し、開先形状内全域にわたる連続溶接を行う第1の溶接実行手段とを備えていることにより、第1の検出手段の検出結果に基づき、溶接トーチが、開先形状内全域にわたって連続的に溶接を行う手段を実現できる。また、連続溶接制御手段は、溶接トーチの溶接出力条件があらかじめ複数種類の溶接データとして設定入力されて記憶されている第1の溶接条件記憶手段をさらに有しており、第1の溶接実行手段は、第1の溶接条件記憶手段に記憶された複数種類の溶接出力条件のうちの1つにしたがって開先形状内全域に

13

わたる連続溶接を行うことにより、溶接条件を毎回手動操作で設定しなくても、ある程度の溶接出力のバリエーションを使い分けることができる。すなわち、連続溶接時に接続溶接から多層多パス溶接までを行うとき、第1の溶接条件記憶手段に記載の溶接条件群にしたがって全パス終了するまで順次繰返し溶接を行える。さらに、第1の溶接条件記憶手段に記憶されている溶接データが開先継手の表側だけを溶かし裏側を溶かさない大きさのエネルギーである、仮付け溶接条件のデータであることにより、分割溶接の後の全域溶接を開始するときであっても、多層多パスの本溶接へ移行する前にさらに仮付け溶接を行うことができる。また、連続溶接制御手段は、第1の検出手段の検出結果に基づいて溶接時における溶接制御ヘッドの走行方向と開先継手の溶接線の方向との偏差を計算し、この偏差に従って第1の経路演算手段で演算された溶接経路を補正する第1の補正手段をさらに有し、第1の溶接実行手段は、この補正された溶接経路に基づいて溶接トーチの溶接出力条件、トーチ駆動手段の駆動動作、及び溶接制御ヘッドの走行動作を制御することにより、ガイドレールの設置誤差等に由来して溶接制御ヘッド走行方向と開先継手溶接線方向との偏差が発生したとしても、この偏差が連続溶接に与える影響を自動的に補正することができる。さらに、第1の検出手段は、溶接トーチよりも溶接方向に先行した位置でかつ障害物の高さより高い位置となるように溶接制御ヘッドに固定されており、第1の補正手段は、第1の検出結果に基づいて計算された偏差を基に、第1の検出手段よりも遅れて進行してくる溶接トーチの遅れ距離を考慮しつつ、第1の経路演算手段で演算された溶接経路を補正する遅延微い補正を行うことにより、溶接制御ヘッドの走行方向と開先継手の溶接線の方向との偏差に従い、第1の経路演算手段で演算された溶接経路を補正する手段を実現することができる。また、飛び越し溶接制御手段は、溶接トーチが開先形状のうち障害物のない部分を溶接するときの溶接経路及び溶接トーチが障害物を飛び越えて回避するための回避経路を演算する第2の経路演算手段と、この第2の経路演算手段の演算結果に基づき、溶接トーチの溶接出力条件、トーチ駆動手段の駆動動作、及び溶接制御ヘッドの走行動作を制御し、飛び越し溶接を行う第2の溶接実行手段とを備えていることにより、第1及び第2の検出手段の検出結果に基づき、溶接トーチを、開先形状のうち障害物のない部分は溶接させ、障害物のある部分は溶接を行わず障害物を飛び越えて回避させる手段を実現できる。さらに、飛び越し溶接制御手段は、溶接トーチの溶接出力条件があらかじめ複数種類の溶接データとして設定入力されて記憶されている第2の溶接条件記憶手段をさらに有しており、第2の溶接実行手段は、第2の溶接条件記憶手段に記憶された複数種類の溶接出力条件のうちの1つにしたがって溶接経路における溶接を行うことにより、溶接条件を毎回手

14

動操作で設定しなくても、ある程度の溶接出力のバリエーションを使い分けることができる。また、第2の溶接条件記憶手段に記憶されている溶接データが開先継手の表側だけを溶かし裏側を溶かさない大きさのエネルギーである、仮付け溶接条件のデータであることにより、後に行う連続溶接における初層裏波溶接に支障をきたすことなく、開先継手の底部を固定することができる。さらに、飛び越し溶接制御手段は、第1の検出手段の検出結果に基づいて溶接時における溶接制御ヘッドの走行方向と開先継手の溶接線の方向との偏差を計算し、この偏差に従って第2の経路演算手段で演算された溶接経路を補正する第2の補正手段をさらに有し、第2の溶接実行手段は、この補正された溶接経路に基づいて溶接トーチの溶接出力条件、トーチ駆動手段の駆動動作、及び溶接制御ヘッドの走行動作を制御することにより、ガイドレールの設置誤差等に由来して溶接制御ヘッド走行方向と開先継手溶接線方向との偏差が発生したとしても、この偏差が飛び越し溶接に与える影響を自動的に補正することができる。また、第1の検出手段は、溶接トーチよりも溶接方向に先行した位置でかつ障害物の高さより高い位置となるように溶接制御ヘッドに固定されており、第2の補正手段は、第1の検出結果に基づいて計算された偏差を基に、第1の検出手段よりも遅れて進行してくる溶接トーチの遅れ距離を考慮しつつ、第2の経路演算手段で演算された溶接経路を補正する遅延微い補正を行うことにより、溶接制御ヘッドの走行方向と開先継手の溶接線の方向との偏差に従い、第2の経路演算手段で演算された溶接経路を補正する手段を実現することができる。さらに、略平板形状の溶接ワークの直線状開先継手に対し、溶接を行うことにより、溶接線上に開先ブロックがある固定平板の直線開先継手溶接における溶接作業の完全自動化を図ることができる。

【0038】また、略円管形状の溶接ワークの円周状開先継手に対し、全姿勢溶接を行うことにより、溶接線上に開先ブロックがある固定円管の円周開先継手溶接における溶接作業の完全自動化を図ることができる。

【0039】さらに、本発明においては、溶接を開始する前に、まず第1の手順で、開先継手の開先形状内に溶接線を横切って複数の開先ブロックを設置し、溶接ワークどうしを固定する。そして、第2の手順で、この開先形状内に設けられた開先ブロックの位置を第1の自動検出手段によって検出する。さらに、第3の手順で、第1及び第2の自動検出手段の検出結果に基づき、可動式の溶接トーチを駆動しつつ自走式の溶接制御ヘッドを溶接進行方向へ走行させ溶接を開始する。このとき、第1及び第2の自動検出手段の検出結果に基づき、溶接トーチは、開先形状のうち開先ブロックのない部分を分割溶接するとともに、開先ブロック部分は溶接を行わず開先ブロックを飛び越えて回避する。すなわち例えば、開先ブロックが設置されている手前で溶接動作を一時停止する

15

と共に、溶接トーチを溶接面から上昇する方向に回避させて開先ブロックに衝突させることなく飛び越え、開先ブロックを十分通過した位置で溶接面に下降し、再び溶接を再開して次の開先ブロックの手前までの溶接動作を行う。このような飛び越し動作を開先ブロック設置個数だけ繰り返すことにより、開先ブロック設置箇所以外の箇所を断続的に分割溶接して溶接ワークどうしを固定する。その後、第4の手順で開先ブロックを除去し、第5の手順で、第1の自動検出手段の検出結果に基づき溶接トーチを駆動しつつ溶接制御ヘッドを走行させ、開先形状内全域にわたって連続的に溶接を行う。すなわち、溶接制御ヘッドを取り外すことなく、分割溶接部との接続溶接を含む全体の初層溶接と、その後の多層多パス溶接とを継続して行うことができる。

【0040】また、第2の手順で、溶接トーチが開先ブロックに衝突しないように回避する方向に溶接トーチを移動させた後、この回避した状態で溶接制御ヘッドを走行させることにより、溶接制御ヘッドに設けられた検出手段で開先形状内の開先ブロックの位置を自動検出することにより、開先形状内に設けられた開先ブロックの位置を円滑に自動検出する手段を実現することができる。また、略平板形状の溶接ワークの直線状開先継手に対し、溶接を行うことにより、溶接線上に開先ブロックがある固定平板の直線開先継手溶接における溶接作業の完全自動化を図ることができる。さらに、略円管形状の溶接ワークの円周状開先継手に対し、全姿勢溶接を行うことにより、溶接線上に開先ブロックがある固定円管の円周開先継手溶接における溶接作業の完全自動化を図ることができる。

【0041】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を参照して説明する。本発明の第1の実施例を図1～図19により説明する。図1は、本実施例による自動溶接装置の概略構成を示す斜視図である。自動溶接装置100はTIGアーク溶接を行うものであり、固定円管の溶接ワーク1bに設定されたレール10と、このレール10の上を走行する溶接制御ヘッド9と、その溶接制御ヘッド9の駆動制御及び溶接電源12の出力制御を行う溶接コントローラ11と、この溶接コントローラ11や溶接制御ヘッド9の運転管理及び制御を行う演算制御装置14とを備えている。溶接コントローラ11には、この溶接コントローラ11へ種々の入力操作をおこなうための操作ペンダント13が接続されており、また演算制御装置14には、画面表示を行うCRT16とキー操作可能なキーボード15とが併設されている。

【0042】この自動溶接装置100は、溶接ワーク1a, 1bの突き合わせ部に形成された開先継手(円周継手)2の溶接を行うものであり、対象となる開先継手2には、4個の開先ブロック3が溶接線を横切るようにして設置されており、また、開先底部にはインサート5が

16

設けられている(後述する図9参照)。そしてこのインサート5により、後述する本溶接1パス目の初層裏波溶接において、裏ビード19bが一段と均一で凸形に形成しやすくなるようになっている。

【0043】溶接制御ヘッド9は、溶接トーチ6とそのトーチ先端に送るワイヤ7及びワイヤリール8が搭載されており、また、レール10上を走行する方向を走行軸(Y軸)、溶接トーチ6及びワイヤ7を上下動させる方向を上下軸(Z軸)、溶接トーチ6及びワイヤ7を左右に揺動させる方向を左右軸(X軸)、ワイヤ送り方向を送り軸(W軸)として、これら各軸の位置検出を行う位置検出器92(後述する図2参照)が内蔵されている。

【0044】また溶接トーチ6及びワイヤ7の近傍の溶接進行方向に向かって先行する位置には、溶接の制御に必要な情報を検出するためのセンサヘッド21が設けられており、溶接動作中においても、溶接ワーク1a, 1bを固定する開先ブロック3に接触しない高さでかつ開先継手2の真上の位置になるように、溶接制御ヘッド9に固定されている。またセンサヘッド21は溶接トーチ6及びワイヤ7の上下動に同期して上下できるが、左右揺動の動作には同期しないようになっている。

【0045】センサヘッド21からの検出画像はセンサ画像処理装置22に取り込まれ、センサ画像処理装置22は、開先ブロック3の設置箇所と開先ブロック3のない箇所の開先形状及び溶接位置を判別し必要な情報を検出する。そして、この検出情報は、センサ画像処理装置22から演算制御装置14に送信される。

【0046】溶接制御ヘッド9、溶接コントローラ11、演算制御装置14、センサ画像処理装置22内部の機能ブロック図を図2に示す。図2において、溶接コントローラ11は、溶接制御ヘッド9を駆動するための各軸駆動回路111と、溶接制御ヘッド9内の位置検出器92からの信号を受信する各軸位置カウント回路112と、溶接電源12から任意の電流波形を溶接トーチ6に出力させるための溶接出力回路113と、溶接コントローラ11全体をコントロールする制御ソフトウェアを備えた制御回路114と、操作ペンダント13からの入力信号を設定・記憶回路116及び制御回路114に伝達する入出力回路115と、演算制御装置14から指令信号を制御回路114に伝達する通信インターフェース回路117と、演算制御装置14あるいは操作ペンダント13から設定及び変更された溶接条件(例えば、ピークの電流 I_p とその時間 T_p 、ベースの電流 I_b とその時間 T_b 、溶接速度 V 、ワイヤ送り速度 W_p, W_b など)や運転動作中の各軸(X, Y, Z)の現在位置を制御パネルに表示する溶接表示部118とから構成されている。このような構成により、溶接コントローラ11は、演算制御装置14からの遠隔制御の指令信号あるいは操作ペンダント13による操作信号をそれぞれ取り込み、溶接制御ヘッド9の駆動制御及び溶接電源12の出力制

17

御ができるようになっている。

【0047】溶接制御ヘッド9内の位置検出器92は、溶接トーチ6の左右移動系のX軸、溶接線方向への走行系のY軸、上下移動系のZ軸ともパルスエンコーダがそれぞれ使用されており、このパルス信号を溶接コントローラ11の位置検出カウント回路112に取り込むことによって各軸の現在位置を求めることができるようになっている。特に、走行移動系のY軸に関しては、溶接制御ヘッド9の姿勢が分かるようにするため、その現在位置を姿勢角度で表すようになっている。またワイヤ送り

に使用しているW軸については、この検出器のパルス信号からワイヤ送り速度を求めるようになっている。

【0048】センサ画像処理装置22は、センサヘッド21へ線状のレーザ光を照射するレーザ投光制御電源22cと、そのレーザ光の反射像を撮像するカメラ制御器22bと、撮像された画像を処理する画像処理装置22aとを備えており、センサ検出動作を行うようになっている。画像処理装置22aにはモニター用の画像モニタ23が接続されている。

【0049】演算制御装置14は、パーソナルコンピュータ（パソコン）を使用しており、キーボード15からのキー操作によりマンマシンインターフェース回路144を介して溶接動作制御部142内の制御プログラムが起動するようになっている。そして、溶接動作制御部142から送信される指令信号は、通信インターフェース回路141を介し溶接コントローラ11の制御回路114に伝達され、この指令信号によって溶接制御ヘッド9の制御が行われる。溶接動作制御部142は、溶接運転の動作中において、溶接制御ヘッド9から通信インターフェース回路141を介し入力される溶接出力データと、溶接制御ヘッドの現在の各軸（X、Y、Z軸）位置データと、さらにこの位置データが位置計算処理部147で処理された処理データとをそれぞれ取り込みながら、溶接制御ヘッド9の位置や溶接トーチ6の動作状況及び溶接条件を管理・制御する。

【0050】また演算制御装置14は、演算制御装置14と溶接コントローラ11との通信が行えるように通信の初期化及びパラメータを運転時に自動設定する通信パラメータ作成部146と、開先ブロック3の入力画面・センサ検出の各種データ表示及びデータ処理表示や自動運転時の動作表示等種々の情報を処理する画面表示処理部143と、溶接のパスプランすなわち多層多パス溶接に必要な溶接パス毎の溶接条件を自動演算で求めて作成するパスプラン演算プログラム作成部149と、入力された開先ブロック3の情報及びセンサ画像処理装置22からのセンサ検出情報を用いて、開先ブロック3の設置箇所の溶接経路・未設置箇所の回避経路を演算し溶接制御ヘッド9の動作を演算するブロック飛び演算処理部150とを備えている。パスプラン演算プログラム作成部149には、溶接作業員がCRT16に表示される画面

18

を見ながら溶接対象ワーク1a、1bの開先継手2の寸法形状と溶接条件を決定するための基本条件が入力される。またブロック飛び演算処理部150での演算結果は、溶接動作制御部142内の溶接動作制御プログラムに取り込まれて実行処理されるようになっている。

【0051】上記構成による、開先ブロック検出動作及びその後の溶接動作を以下に説明する。

（1）開先ブロックの検出

検出する開先ブロック3の配置を表す概念図を図3に示す。図3に示されるように、開先継手2の円周上に高さH、幅Wの4個の開先ブロック3a～3dが任意の角度（設置角 $\theta_1 \sim \theta_4$ ）に設置されている。このように配置された開先ブロック3を検出する動作の実行手順を表すフローチャートを図4に示す。図4に示されるように、自動運転前の準備として、溶接コントローラ11は、ペンダント操作により手順161で全軸（X、Y、Z）の座標設定に必要な原点合わせ動作をするとともに溶接トーチ6の位置決め動作指令を出し、手順163で自動運転が可能な自動運転待機状態になる。また、センサ画像処理装置22は、位置決めされた溶接トーチ6とセンサヘッド21の座標が一致するように手順185でセンサ検出座標合わせ及び動作設定を行い、手順186で検出動作指令待ち状態として待機する。そして、演算制御装置（パソコン）14は、手順170でキーボード15のキー入力によりブロックの検出及び飛び越し動作モードに設定される。そして、手順171でブロック検出動作運転の実行キーを押すことによって、この開先ブロック検出動作の運転が開始され、後述するように、演算制御装置（パソコン）14から出される各指令に対して、溶接コントローラ11がその指令動作の実行とその結果報告を行う形で進行するようになっている。

【0052】すなわち、最初に演算制御装置14が手順172でブロック検出開始位置への移動要求指令を出し、溶接コントローラ11はこれに応じて手順164でセンサヘッド21が検出開始位置に来るように溶接制御ヘッド9を移動させ、その結果を演算制御装置14に報告する。そして、演算制御装置14は手順173でY軸走行要求指令を出し、これを受けた溶接コントローラ11は手順165で溶接制御ヘッド9を走行させる。このときの走行動作を図5に示す。すなわち、図5に示されるように、溶接制御ヘッド9において、溶接トーチ6及びワイヤ7を各開先ブロック3a～3dに接触しない高さまで上昇させ、また、センサヘッド21をこの溶接トーチ6よりも溶接方向に先行させ（センサヘッド21の先行距離： $L_s \approx 50 - 100 \text{ mm}$ ）かつ十分高い位置に保持しつつ、これらを矢印方向に走行させる。この時の溶接トーチ6の走行経路Ysは、スタート位置S点から溶接ワーク1aの外周を一周してエンド位置E点までである。そして溶接コントローラ11はこのような動作制御が開始されたらそのことを演算制御装置14に報告

する。

【0053】演算制御装置14は報告を受けると、手順174でセンサ画像処理装置22に画像取り込み要求指令を出す。これに応じてセンサ画像処理装置22は、上述したように走行しつつ、手順187でセンサヘッド21に画像取り込み動作指令を出す。これにより、センサヘッド21に備えられたレーザ投光器21aが開先継手2の検出しようとする部位に線状光線を照射し、この線状光線の反射光が、レーザ光と同波長の光のみを抽出する干渉フィルタ21cを介して撮像カメラ21bで撮像される。そしてセンサ画像処理装置22は、この撮像カメラ21bによる撮像に対して手順188で画像認識処理を行った後、手順189でブロック検出及び開先形状検出を行う。このときの画像認識に基づくブロック・開先形状検出を図6及び図7により説明する。

【0054】開先継手2内の開先形状における、開先ブロック3が設置されていない箇所及び設置されている箇所の断面は、それぞれ図6(1)及び(2)のようになっており、図6(2)において開先ブロック3は、溶接ワーク1a、1bに溶接固定部4を介し溶接・固定されている。これらのうち、図6(1)に示された断面を撮像した生画像を図7(1)に、そしてこの生画像をセンサ画像処理装置22に取り込んで画像処理を施した後の検出画像を図7(2)に示し、また図6(2)に示された断面を撮像した生画像を図7(3)に、そしてこの生画像をセンサ画像処理装置22に取り込んで画像処理を施した後の検出画像を図7(4)に示す。図7(1)において、モニタ画面24中に開先継手2における開先線の生画像24aが図示のように撮像され、これが画像処理されると、図7(2)に示すような開先肩幅 W_s 、開先中心座標 Q_s 、開先深さ h_s 、開先底幅 W_t 、開先段面積 A_s など溶接の制御に必要な開先形状検出が行われた検出画像25aとなる。なおこのとき、レール10の取付誤差等に由来するレール10と溶接線との非平行に基づく開先中心座標 Q_s の中心座標ずれ ΔQ_s も検出画像中に表示される。また、図7(3)におけるブロック線の生画像24bが画像処理されると、ブロックがあることを確認するための確認寸法 L_c やブロック高さ H 等、後に行う開先ブロック飛びの動作に必要なブロック検出が行われた検出画像25bとなる。

【0055】このような検出画像を短い時間間隔(例えば1秒毎)で連続的に検出しその検出結果を演算制御装置14でデータ処理することによって、開先ブロック3の設置位置・高さ・個数等のブロック設置状況を判定することができる。また、このブロック検出動作では、溶接線を横切って設置されている各開先ブロック3に接触しなうように溶接トーチ6及びワイヤ7を上方向に上昇回避させた位置で溶接線方向に走行させているが、これに限られず、この溶接トーチ6及びワイヤ7を左右方向に移動回避させた位置で走行移動しても開先ブロック3

への接触を回避することができる。この場合でも、溶接トーチ6よりも先行し、かつ開先ブロック3に接触しない高さの位置に設けられているセンサヘッド21を溶接線上及び開先ブロック3上を走行移動させることにより、ブロック検出動作を行うことができる。

【0056】上記センサ画像処理装置22による検出の間に、演算制御装置14は手順175で溶接コントローラ11へ走行現在位置報告要求指令を出し、溶接コントローラ11は、手順166で溶接制御ヘッド9の上述した動作結果を現在位置データとして演算制御装置14に報告する。そして、報告を受けた演算制御装置14は、手順176でセンサ画像処理装置22に検出結果問合せ要求指令を出し、センサ画像処理装置22はこれに応じて手順190で上述した検出結果をセンサ検出データとして演算制御装置14に送信し、手順191で検出動作指令待ちとなって待機する。演算制御装置14は送信された検出結果より手順177で検出データの処理及びブロック設置位置の計算を行う。そして手順178で溶接トーチ6の位置Yがエンド位置Eまで来たかどうか判定され、満たされない場合は、手順174に戻る。すなわち、手順174～177の一連のセンサ検出動作は、図5に示したような溶接トーチ6がスタート位置Sから一周してエンド位置Eに到達するまで繰返し続けられることになる。

【0057】手順178の条件が満たされ、すなわち、溶接トーチ6がエンド位置Eに達してセンサヘッド21及びセンサ画像処理装置22による検出動作が終了すると、演算制御装置14は手順179で溶接コントローラ11でY軸走行停止要求指令を、手順180で反転戻り動作要求指令を出し、溶接コントローラ11はこれらに応じた動作を手順167a、bで溶接制御ヘッド9に行わせ、その結果を演算制御装置14に報告し、手順168で動作指令待ち状態となって待機する。

【0058】その後、演算制御装置14は、手順181で、検出したセンサ検出情報から開先ブロック3の設置箇所の飛び越し動作のための回避経路と未設置箇所の溶接動作のための溶接経路を計算する。この経路計算の手法を図8及び図9により説明する。図8は飛び越し溶接時における溶接トーチの動作経路を表す説明図であり、図9はその詳細説明図である。図8及び図9において、スタート位置S(図5参照)の例えば径方向直下にある溶接開始位置 S_0 からスタートする溶接進路で、まず最初の1個目の開先ブロック3a(ブロック幅 W 、設置角 θ_1)について、開先ブロック3aの飛び越しに必要な箇所は P_1 点から P_4 点までである。この P_1 点と P_4 点の角度は、溶接トーチ6の接触を避けるため前後に設けられる接触回避距離(予め設定される定数、例えば約40mm)を L 、溶接ワーク1aの外径を D として、(1)式及び(2)式よりそれぞれ求められる。

21

$$\theta(P_1) = \theta_1 - (360/\pi \cdot D) \cdot (W/2 + L) \quad \cdots \cdots (1)$$

$$\theta(P_4) = \theta_1 + (360/\pi \cdot D) \cdot (W/2 + L) \quad \cdots \cdots (2)$$

また、開先深さを s 、余裕距離を c_1 とすると、溶接トーチ6が上昇・下降すべきZ軸方向位置 Z_1 は(3)式*

$$Z_1 = s + H + c_1 \quad \cdots \cdots (3)$$

一方、ブロックのない箇所の溶接線は溶接開始位置 S_0 点から P_1 点までと、 P_4 点から P_5 点までとなる。 P_5 点※

$$\theta(P_5) = \theta_2 - (360/\pi \cdot D) \cdot (W/2 + L) \quad \cdots \cdots (4)$$

すなわち、これらにより、開先ブロック3aに関して、溶接経路 $S_0 \rightarrow P_1$ と $P_4 \rightarrow P_5$ 、回避経路 $P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow P_3 \rightarrow P_4$ を設定することができる。

【0059】他の3箇所の開先ブロック3b、3c、3dに関しても、上記と同様な方法で、 $\theta(P_8)$ 、 $\theta(P_9)$ 、 $\theta(P_{12})$ 、 $\theta(P_{13})$ 、 $\theta(P_{16})$ を求め、それぞれ、溶接経路 $P_4 \rightarrow P_5$ 、 $P_8 \rightarrow P_9$ 及び回避経路 $P_5 \rightarrow P_6 \rightarrow P_7 \rightarrow P_8$ 、溶接経路 $P_8 \rightarrow P_9$ 、 $P_{12} \rightarrow P_{13}$ 及び回避経路 $P_9 \rightarrow P_{10} \rightarrow P_{11} \rightarrow P_{12}$ 、溶接経路 $P_{12} \rightarrow P_{13}$ 、 $P_{16} \rightarrow E$ 。及び回避経路 $P_{13} \rightarrow P_{14} \rightarrow P_{15} \rightarrow P_{16}$ を設定することができる。なおここで E は溶接終了位置である。

【0060】以上のようにして、溶接経路・回避経路の設定計算が終了すると、ブロック飛び越し溶接の手順へと移る。

【0061】(2)ブロック飛び越し溶接

検出された開先ブロック3a～dの形状に対応したブロック飛び越し溶接の実行手順を示すフローチャートを図10及び図11に示す。図10に示されるように、飛び越し溶接の準備として、まず、演算制御装置14は、手順182で、パスプラン演算プログラム作成部149

(図2参照)によって溶接パスプランを演算し作成する。この手順182の詳細を図12により説明する。図12において、まず、手順51でパスプランを新規に作成するか登録済みのファイルを引き出すかが選択される。新規作成を行う場合、最初に手順54で溶接対象ワーク1a、1bの開先形状が入力され、手順55で溶接施工に必要な基本溶接条件を設定入力された後、この入力情報に誤りがないかを手順56で判断し、誤りがなければその入力情報を基にして手順57で溶接パスプランの自動演算処理を行う。右側に別掲するように手順57での主な処理内容は、溶接を行うのに必要な開先断面積の計算を行う手順62、求められたその開先断面積を埋めるのに必要な溶接の層数とパス数の計算を行う手順63、溶接パス毎のパルス電流とその時間の計算及びワイヤ送り速度の計算を行う手順64、溶接によって積層されるビード高さの決定及び累計ビード高さの計算を行う手順65、その時の積層ビード幅の計算と溶接トーチを揺動させるのに必要なウィービング条件の計算を行う手順66、層当たりの溶着面積と溶接速度の計算を行う手順67、溶接パス毎の溶接位置座標の計算を行う手順68である。以上のような手順57を行った後、手順58で演算処理したその結果であるパスプラン表示する。★50

22

*より求められる。

※の角度 $\theta(P_5)$ は、2個目の開先ブロック3b(設置角 θ_2)の手前であり、(4)式より求められる。

★【0062】一方、手順51で新規作成でなく既成ファイルの引き出しを選択した場合は、手順52で引き出したい既成のファイルの番号が入力され、手順53でその番号のファイルを引き出す。そして手順69でその引き出したファイルの内容(溶接パスプラン)を表示する。

【0063】手順67又は手順69で表示を行った後は、手順59に移り、ファイルの編集を行うかどうかを選択される。編集を行わない場合は直ちに手順61に移るが、手順60で編集のための修正入力が行われた後に手順61へ移る。手順61では、ファイル登録を行うかどうかを選択される。登録を行わない場合は直ちに手順182全体を終了して後述する手順195へ移り、登録を行う場合は、手順70でファイル登録を行った後に手順195へ移る。なお、図12に示した溶接パスプランは、ブロック検出動作を行う前に作成してもよいことは言うまでもない。

【0064】以上のようにして手順182で作成された溶接パスプランには、開先ブロック飛び越し溶接動作で使用する溶接条件のみならず、ブロック除去後の多層多パス溶接に必要な溶接パス毎の溶接条件・溶接座標が記載されている。よって、この作成された溶接パスプランは、図2に示した溶接動作制御部142による自動運転時に読み込まれて開先ブロック飛び越し溶接動作で用いられるとともに、後述する開先ブロックの除去作業後の接続溶接・初層溶接・多層溶接等を継続して行う場合にも、この溶接パスプランに記載の内容が全パス終了するまで使用されることになる。

【0065】手順182が終了すると、演算制御装置14は手順195で溶接条件の設定要求指令、手順196でセンサ検出開始位置移動要求指令、手順197で溶接開始位置への移動要求指令を順次出す。これに応じて溶接コントローラ11は、先の手順182で演算された溶接パスプランに基づく溶接条件(例えば1パス目なら仮付け溶接の条件)を手順202で設定してその設定結果を報告し、手順203でセンサヘッド21がセンサ検出開始位置(図5に示した位置)となるように移動する指令を溶接制御ヘッド9に出してその移動結果を報告し、さらに手順204で溶接トーチ6が初期位置 P_0 から溶接開始位置 S_0 (図8、9参照)となるように移動する指令を溶接制御ヘッド9に出してその移動結果を報告する。

★【0066】報告を受け取った演算制御装置14は、手

順198で溶接開始要求指令を出し、これに応じて溶接コントローラ11は、図8及び図9で説明した経路S₀→E₀へ向かう溶接制御ヘッド9の走行・溶接を開始させ、手順205で溶接開始・溶接出力動作指令を溶接制御ヘッド9に出力した旨のON信号を返す。演算制御装置14はON信号を受けると、手順274でセンサ画像処理装置22に画像取り込み要求指令を出す。これに応じてセンサ画像処理装置22は、上述した経路で走行しつつ、手順287で、溶接トーチ6よりも先行距離L_sだけ先行しているセンサヘッド21に画像取り込み動作指令を出す。そしてブロック検出の時と同様、センサヘッド21のレーザ投光器21aで開先継手2の検出部位に線状光線を照射し、その反射光が干渉フィルタ21cを介して撮像カメラ21bで撮像され、センサ画像処理装置22がこの撮像カメラ21bによる撮像に対して手順288で画像認識処理を行った後、手順289でブロック検出及び開先形状検出を行う。

【0067】上記センサ画像処理装置22による検出の間に、演算制御装置14は手順275で溶接コントローラ11へ各軸現在位置報告要求指令を出し、溶接コントローラ11は、手順206で溶接制御ヘッド9の上述した動作結果を現在位置データとして演算制御装置14に報告する。報告を受けた演算制御装置14は、そのトーチ位置のデータから、手順199でトーチ位置の補正を行うべきかどうかを判断し、補正する必要がない場合は、手順276へ移ってセンサ画像処理装置22に検出結果問合せ要求指令を出し、センサ画像処理装置22はこれに応じて手順290で上述した検出結果をセンサ検出データとして演算制御装置14に送信し、手順291で検出動作指令待ちとなつて待機する。

【0068】手順276の後、演算制御装置14は、手順201で検出データ処理及びトーチ位置の遅延微い補正制御のための制御演算を行うが、これについては後述する。

【0069】手順201の後、図11に示される手順に移り、手順221で開先ブロック3のある箇所(4ヵ所)の一時停止位置(Y=P₁, P₅, P₉, P₁₃)に到達したかどうか判定される。これらの位置に到達したと判定されると、手順222で溶接及び走行の一時停止要求指令、手順223で溶接トーチ6の回避及び開先ブロック3の飛び越しを行うためのZ軸上昇要求指令(P₁→P₂, P₅→P₆, P₉→P₁₀, P₁₃→P₁₄)、手順224でY軸走行要求指令及び現在位置報告要求指令を出す。溶接コントローラ11はこれに対応する動作を溶接制御ヘッド9に行わせるために、手順211で溶接及び走行停止動作指令を出してその結果をOFF信号として演算制御装置14に報告し、手順212でZ軸上昇動作指令を出してその結果を演算制御装置14に報告し、手順213でY軸走行動作指令を出力した後に手順214で溶接トーチ6の現在位置データを演算制御装置14に

報告する。

【0070】そして演算制御装置14は、溶接コントローラ11からこれら動作実行の結果報告を順次受けながら、手順225で、溶接トーチ6が開先ブロック3終了位置(Y=P₃, P₇, P₁₁, P₁₅)に到達したかどうかを判定する。これらの位置に到達したと判定された場合には、手順226でY軸走行停止要求指令、手順227でZ軸下降要求指令(P₃→P₄, P₇→P₈, P₁₁→P₁₂, P₁₅→P₁₆)、手順228で溶接開始要求指令を出す。溶接コントローラ11はこれに対応する動作を溶接制御ヘッド9に行わせるために、手順215でY軸走行停止動作指令、手順216でZ軸下降動作指令を出してその結果を演算制御装置14に報告し、手順217で開先ブロック3のない箇所の溶接を再開するための溶接開始及び溶接出力動作指令を出してその結果をON信号として演算制御装置14に報告する。こうした一連のブロック飛びの動作は開先ブロック3の数(4回)だけ繰返し行われる。すなわち、手順229で溶接トーチ6が溶接終了位置E₀に到達したと判断されるまでは、前述した手順274へ戻って同様の手順を繰り返す。これにより、図8における、開先ブロック3a～dのない箇所S₀→P₁, P₄→P₅, P₈→P₉, P₁₂→P₁₃, P₁₆→E₀までの各区間は断続的な分割溶接を行い、開先ブロック3a, 3b, 3c, 3dのある箇所P₁～P₄, P₅～P₈, P₉～P₁₂, P₁₃～P₁₆までの各区間では、各ブロック手前のP₁, P₅, P₉, P₁₃で溶接一時停止し、各ブロック後方のP₄, P₈, P₁₂, P₁₆の飛び越し後の位置でアークを再発生させることにより、溶接停止状態で溶接トーチ6を上昇・移動・下降させて開先ブロック3飛び越し動作を行う。そしてセンサヘッド21による検出動作は溶接トーチ6の動作と連動させて行う。

【0071】なおこの飛び越し溶接動作においては、本溶接に満たない小エネルギーの仮付け溶接条件を使用しており、図13に示すように、裏側まで溶かさず表側だけを溶かした溶接ビード18が形成するように溶接を行う。このように溶接することによって本溶接の初層裏波溶接に支障をきたすことなく、開先継手の底部を溶接固定することができる。また、特に図示しないが、溶接動作中はアーク長が常に一定になるようにアーク電圧の検出によるフィードバック制御を行うようにしている。

【0072】ここで、上記溶接動作中において、レーン10の設置誤差等に由来する溶接トーチ6の位置ずれΔS(X軸方向のΔXとZ軸方向のΔZ)に対する遅延微い補正制御について、以下詳細に説明する。

【0073】前述したように、ブロック飛び溶接動作は、手順247～手順229の間で開先ブロック3の数(4回)だけ繰り返されるが、この間、図10の手順290で演算制御装置14がセンサ画像処理装置22から受け取るセンサ検出データは、溶接トーチ6の移動位置(θ_T)よりも常に先行距離L_s(先行角度θ_{Ls})だけ

先行した位置で検出されたデータとなる。このときのセンサ検出点の角度 (θ_s) は下記の (5) 式で示され *

$$\theta_s = \theta_T + \theta_{Ls} = \theta_T + (360 \cdot L_s / \pi \cdot D) \dots\dots\dots (5)$$

そしてその時の溶接トーチ6は、センサ検出点よりも角度 θ_{Ls} だけ遅れた位置 ($\theta_T = \theta_s - \theta_{Ls}$) で溶接動作を行っている。

【0074】従って、この溶接動作を行っている溶接トーチがセンサ検出点 ($\theta_T = \theta_s$) に到達する前に、あらかじめ手順201で、この検出データを用いて溶接トーチ6の位置ずれ補正に必要な遅延微い補正制御の計算を図7(2)に示した検出画像の開先形状の検出情報に従って済ませておき、手順199で溶接トーチ6の補正が必要と判定されたとき、つまり溶接トーチ6がセンサ検出点に到達した時に、手順200へ移って既に計算していたトーチ位置補正量を設定するように要求指令を溶接コントローラ11に出し、手順207で溶接制御ヘッド9に補正移動動作を行わせるようにしている。

【0075】図11に戻り、溶接が進行して溶接トーチ6がエンド位置 ($Y = E_o$) に到達すると、演算制御装置14は手順229で溶接終了位置に到達したと判定し、手順230で溶接動作終了要求指令、手順231で溶接トーチ6の回避及び次パスの準備動作をするためのZ軸上昇要求及びY軸反転戻り動作要求指令を出す。溶接コントローラ11はこれに対応する動作を溶接制御ヘッド9に行わせるために、手順218で溶接終了動作指令を出してその結果を溶接及び走行OFF信号として演算制御装置14に報告し、手順219でZ軸上昇動作指令及びY軸反転戻り動作指令を出してその結果を演算制御装置14に報告した後、手順220で動作指令待ち状態となって待機する。

【0076】報告を受けた演算制御装置14は、手順232に移り、操作オペレータに知らせるための溶接終了表示を行うとともに、ブロック除去要求表示を行う。そして、手順233に移って、開先ブロック3が除去されるのを待つ待機状態となる。

【0077】以上のようにして、ブロック飛び越し溶接が終了すると、ブロック除去後の溶接の手順へと移る。

【0078】(3) ブロック除去後の溶接
ブロック除去後の溶接の実行手順を表すフローチャートを図14及び図15に示す。図14に示されるように、演算制御装置14は、手順244で溶接前の準備としてブロックが除去されたことが確認されると、手順245で溶接継続か否かが選択される。溶接継続が選択されなければ直ちにフローを終了してすべての作業が終了するが、溶接継続が選択されると、手順246で溶接パスの更新が行われ、先に図12を用いて説明した溶接パスプランのファイルに記載されている溶接条件群等のうち、2パス目に記載されている仮付け溶接(すなわち断続的に形成された分割溶接を接続する接続溶接)動作が開始される。

＊る。

※【0079】こうして更新された溶接パスプランに基づき、まず、演算制御装置14は手順395で溶接条件の設定要求指令、手順247で溶接開始位置への移動要求指令を順次出す。これに応じて先の手順220で動作指令待ち状態となっていた溶接コントローラ11は、先の手順246で更新演算された溶接パスプランに基づく溶接条件を手順302で設定してその設定結果を演算制御装置14に報告し、さらに手順304で溶接トーチ6が溶接開始位置S。(図8,9参照、但し飛び越し溶接における溶接開始位置と異なる場合もありうる)となるように移動する指令を溶接制御ヘッド9に出してその移動結果を演算制御装置14に報告する。

【0080】報告を受け取った演算制御装置14は、手順398で溶接開始要求指令を出し、これに応じて溶接コントローラ11は、図8及び図9で説明した経路S。→E。(E.も飛び越し溶接のときと異なる場合もありうる)へ向かう溶接制御ヘッド9の走行・溶接を開始させ、手順305で溶接開始・溶接出力動作指令を溶接制御ヘッド9に出力した旨のON信号を返す。この時の溶接トーチ6はセンサ検出点 (θ_s) よりも先行角度 θ_{Ls} だけ遅れた位置 ($\theta_T = \theta_s - \theta_{Ls}$) で溶接動作を行っている。演算制御装置14はON信号を受けると、手順374でセンサ画像処理装置22に画像取り込み要求指令を出す。これに応じて先の手順291で検出動作指令待ち状態であったセンサ画像処理装置22が、上述した経路で走行しつつ、手順258で、センサヘッド21に画像取り込み動作を出して、センサヘッド21のレーザ投光器21aの反射光を撮像カメラ21bで撮像させるとともに、飛び越し溶接時と同様、その撮像に対して画像処理認識動作を行う。その後、手順259で開先形状及び溶接トーチ6による溶接位置ずれの検出を行う。このときの手順259で検出された撮像生画像を図16

(1)に、その生画像をセンサ画像処理装置22に取り込んで画像処理を施した後の検出画像を図16(2)に示す。図16(1)において、モニタ画面24中に開先継手2における開先線(既に分割溶接されている部分)の生画像24a、仮付け溶接のビード18、インサート5が図示のように撮像され、これが画像処理されると、図16(2)に示すような開先肩幅 W_s 、開先中心座標 Q_s 、開先深さ h_s 、開先底幅 W_t 、開先段面積 A_s など溶接の制御に必要な開先形状検出が行われた検出画像27となる。なおこのとき、ルール10の取付誤差等に由来するルール10と溶接線との非平行に基づく開先中心座標 Q_s の中心座標ずれ ΔQ_s も検出画像中表示される。

【0081】上記センサ画像処理装置22による検出の間に、演算制御装置14は手順248で溶接コントロー

27

ラ11へ各軸現在位置報告要求指令を出し、溶接コントローラ11は、手順241で溶接制御ヘッド9の上述した動作結果を現在位置データ及び溶接出力データとして演算制御装置14に報告する。報告を受けた演算制御装置14は、まずそのトーチ位置のデータから、まず手順250でトーチ位置の補正を行うべきかどうかを判断し補正する必要がある場合は、さらに手順252へ移って溶接条件のデータから溶接条件の補正を行うべきかどうかを判断し、補正する必要がある場合は、手順254へ移る。そして手順254でセンサ画像処理装置22に検出結果問合せ要求指令を出し、センサ画像処理装置22はこれに応じて手順260で上述した検出結果をセンサ検出データとして演算制御装置14に送信し、手順391で検出動作指令待ちとなって待機する。

【0082】手順254の後、演算制御装置14は、飛び越し溶接時と同様、手順255で検出データ処理及びトーチ位置の遅延微分補正制御のための制御演算を、そして手順256で溶接条件補正制御のための制御演算を、溶接トーチ6がセンサ検出点($\theta_T = \theta_S$)に到達する前に済ませておく。

【0083】こうした一連の動作は、手順257で溶接トーチ6が溶接終了位置($Y=E$)に到達したと判断されるまで、手順347に戻って繰り返される。その際、手順250や手順252でトーチ位置又は溶接条件の補正を行うと判断されたときは、先の手順255及び手順256で行った補正のための計算結果に従って、手順251で位置ずれ ΔS ($\Delta X, \Delta Z$)を無くすためのトーチ位置補正量設定要求指令を、手順253で溶接の乱れ防止及び溶融金属の調整をするための溶接条件補正量設定要求指令を溶接コントローラ11に出す。溶接コントローラ11はこれに応じて、手順242でトーチ位置補正動作指令を、手順243で溶接条件補正動作指令を出し、溶接制御ヘッドにこれら補正動作を実施させるようにしている。なお、上記のうち、溶接条件の補正制御については、主として、開先継手2を多層多パス溶接する本溶接(後述)で用いる。例えば、溶接の乱れ防止に対しては溶接電流やウィービング幅を変化させ、また、溶融金属の調整に対しては溶接速度やワイヤ送り速度を変化させるなどの補正制御を行う。

【0084】そして、溶接トーチ6が溶接終了位置に到達すると、演算制御装置14は手順257で溶接終了位置に到達したと判定し、図15に示す手順230に移る。そしてこの手順330で溶接動作終了要求指令、手順331で溶接トーチ6の回避及び次パスの準備動作をするためのZ軸上昇要求及びY軸反転戻り動作要求指令を出す。溶接コントローラ11はこれに対応する動作を溶接制御ヘッド9に行わせるために、手順318で溶接終了動作指令を出してその結果を溶接及び走行OFF信号として演算制御装置14に報告し、手順319でZ軸上昇動作指令及びY軸反転戻り動作指令を出してその結

28

果を演算制御装置14に報告した後、手順320で動作指令待ち状態となって待機する。以上の動作により、断続的に形成された分割溶接を接続する接続溶接を仮付け溶接の形で行うことができ、開先継手2内の全周が図13で示されるように仮付け溶接されたことになる。なお、ここで特に図示していないが、溶接動作中に操作員の判断によってキーボード15から溶接位置の変更や溶接一時停止などが行えるようにして、操作性及び使い勝手の向上を図っている。

10 【0085】このようにして2パス目の仮付け溶接(接続溶接)が終了すると、手順261で最終パス終了かどうかをNOと判定されて手順246に戻る。

【0086】そして手順246で、再び溶接パスの更新が行われ、溶接パスプランのファイルに記載の3パス目の溶接、すなわち本溶接1パス目の溶接(初層裏波溶接)動作が開始される。以下、手順261まで、前述と同様にして溶接が行われるが、この初層裏波溶接のときの溶接条件として、前述までの分割溶接・接続溶接の仮付け溶接と異なり、図17に示されるように、完全溶け込みの裏ビード19が形成するような溶接条件が用いられる。そして、本溶接1パス目の溶接が終わると、手順261から再度手順246に戻り、本溶接2パス目の溶接動作に更新される。このようにして、以降、最終パスが終了するまで、溶接パスの更新が行われて多層多パス溶接である本溶接が継続される。この多層多パス溶接の最中(3層4パス終了後)における手順259で検出された撮像生画像を図18に示す。図18において、モニタ画面24中に開先継手2における開先線の生画像26、多層多パス溶接のビードのイ、ロ、ハ、ニが図示のように撮像される。なお、これが画像処理されると、図16(2)に示した検出画像とほぼ同様となる。そして、最終パス終了($N=N_p$; パスプラン記載の最終パス数)に至るまで順次繰返し行われ、最終的には、図19に示されるようなイ〜リの積層多パスビードが得られ、手順264ですべての溶接作業を終了する。

【0087】なお、上記構成において、センサヘッド21及びセンサ画像処理装置22が、溶接時に溶接位置を検出する第1の検出手段と、非溶接時に開先形状及び障害物の位置・形状・寸法を検出する第2の検出手段との両方を構成し、溶接コントローラ11及び演算制御装置14が、溶接トーチの溶接出力条件・トーチ駆動手段の駆動動作・溶接制御ヘッドの走行動作を制御する制御手段を構成する。

【0088】以上のように構成した本実施例によれば、溶接前における開先ブロック3検出と溶接時における開先情報検出とともにセンサヘッド21及びセンサ画像処理装置22で行うことにより、開先ブロック3の飛び越し自動溶接(分割溶接)と開先ブロック3除去後の自動溶接(接続溶接・本溶接)とを継続して行うことができるので、開先ブロック3がある開先継手2溶接における

溶接作業の完全自動化を図ることができる。よって、従来の手動溶接からの脱却を図りつつ健全な溶接品質を得ることができる。また、パスプランの記載の溶接条件群にしたがって接続溶接から多層多パス溶接終了まで順次繰返し溶接を行えるので、溶接の段取り時間の削減を図ることができる。さらに、レール10の設置誤差等に由来して溶接制御ヘッド9走行方向と開先継手2溶接線方向との偏差が発生したとしても、この偏差が溶接に与える影響を自動的に補正することができるので、溶接パス毎の溶接トーチ6と溶接線との位置合わせや溶接出力条件の修正に神経を使うことなく、一連の飛び越し溶接～多層多パス溶接を自動で行うことができる。

【0089】なお、上記第1の実施例では、仮付け溶接による分割接続の後、開先ブロック3a～dを除去して再度仮付け溶接による接続溶接を行ったが、これに限られず、手順246で更新する溶接パスプランに、仮付け溶接の回数が1回限りと予め設定されている場合には、この2パス目の仮付け溶接の動作はなく、本溶接1パス目の初層裏波溶接の動作が開始される（すなわち初層裏波溶接が接続溶接の役割を兼ねる）ことになる。また、上記第1の実施例においては、（1）ブロック検出動作と（2）ブロック飛び溶接動作を分けて行う実施例を示したが、図10及び図11に示したブロック飛び溶接動作の中でブロック検出と溶接動作経路及びブロック回避経路の計算をさせることによって、図4に示したブロック検出動作を省略することもできる。このようにして構成した実行手順によっても、開先ブロック3のない箇所の溶接動作と開先ブロック3のある箇所の飛び越し動作を繰返し正確に行うことができるばかりでなく、同時に溶接トーチ6の位置ずれを無くすることができる。さらに、上記第1の実施例においては開先継手2にインサート5を設けたが、これに限られず、インサートを設けない開先継手の溶接においても適用でき、同様の効果を得る。また、上記実施例の自動溶接装置100はTIGアーク溶接を行うものであったが、これに限られず、例え*

$$Y(P_1) = Y_1 - (W/2 + L)$$

$$Y(P_4) = Y_1 + (W/2 + L)$$

同様に、2個目の開先ブロック103b（ブロック幅W、S₀からの設置距離Y₂）に関してもP₅点およびP₈※

$$Y(P_5) = Y_2 - (W/2 + L)$$

$$Y(P_8) = Y_2 + (W/2 + L)$$

また、ブロック飛びにおける溶接トーチの上昇（P₁→P₂、P₅→P₆）や下降（P₃→P₄、P₇→P₈）の距離Z₁については、第1の実施例で説明した（3）式により求められる。

【0093】すなわち、これらにより、開先ブロック103aに関する溶接経路S₀→P₁、P₄→P₅及び回避経路P₁→P₂→P₃→P₄、開先ブロック103bに関する溶接経路P₄→P₅、P₈→E₀及び回避経路P₅→P₆→P₇→P₈、を設定することができる。

*ばプラズマアーク溶接やホットワイヤTIGアーク溶接など他の溶接方法を適用する場合であっても、上記同様の方法で、ブロック飛び溶接及びブロック除去後の溶接を実施することが可能であり、これらの場合も同様の効果を得ることができる。

【0090】本発明の第2の実施例を図20及び図21により説明する。本実施例は、平板の溶接ワークに対し溶接を行う自動溶接装置の実施例である。第1の実施例と同等の部材には同一の符号を付す。図20は、本実施例による自動溶接装置400の概略構成を示す斜視図である。第1の実施例における図1と異なる主要な点は、溶接ワーク1c、1dが平板であり、これに伴って自動溶接装置400のレール101が直線状になり、また直線状の開先継手102に2個の開先ブロック103が設けられていることである。その他の点は第1の実施例とほぼ同様である。

【0091】上記構成の自動溶接装置400の動作は基本的に第1の実施例の自動溶接装置100と同様であり、同様の制御フローによって（1）開先ブロックの検出・（2）ブロック飛び越し溶接・（3）ブロック除去後の溶接の3つの手順を経て開先継手102に対する溶接を行う。これらのうち、（1）開先ブロックの検出の手順181（図4参照）における、演算制御装置14による飛び越し動作のための回避経路及び溶接動作のための溶接経路の計算手法を図21により説明する。

【0092】図21は第1の実施例の図8に相当する図であり、飛び越し溶接時における溶接トーチの動作経路を表す説明図である。図8において、溶接開始位置S₀からスタートする溶接進路で、最初の1個目の開先ブロック103a（ブロック幅W、S₀からの設置距離Y₁）について、飛び越しが必要な箇所はP₁点からP₄点までである。このP₁点及びP₄点のS₀からの距離は、溶接トーチ6の接触を避けるため前後に設けられる接触回避距離（予め設定される定数、例えば約40mm）をLとして、（6）式及び（7）式で求められる。

$$\dots\dots\dots (6)$$

$$\dots\dots\dots (7)$$

※点のS₀からの距離は、（8）式及び（9）式となる。

$$\dots\dots\dots (8)$$

$$\dots\dots\dots (9)$$

★【0094】その他の制御方法等の手順は、第1の実施例の自動溶接装置100とほぼ同様である。

【0095】本実施例の自動溶接装置400によれば、平板の溶接ワーク1c、1dに対し溶接を行う場合であっても、第1の実施例と同様の効果を得ることができる。

【0096】

【発明の効果】本発明の自動溶接装置によれば、非溶接時における開先ブロック検出と溶接時における開先情報

検出を第1・第2の検出手段で行うことにより、障害物を飛び越しながらの自動溶接とその障害物除去後の連続的な自動溶接とを継続して行うことができるので、溶接線に開先ブロックがある開先継手溶接における溶接作業の完全自動化を図ることができる。よって、従来の手動溶接からの脱却を図りつつ健全な溶接品質を得ることができる。

【0097】また、連続溶接時に接続溶接から多層多パス溶接までを行うとき、第1の溶接条件記憶手段に記載の溶接条件群にしたがって全パス終了するまで順次繰返し溶接を行えるので、溶接の段取り時間の削減を図ることができる。さらに、ガイドレールの設置誤差等によって溶接制御ヘッド走行方向と開先継手溶接線方向との偏差が発生したとしても、この偏差が連続溶接に与える影響を自動的に補正することができるので、溶接パス毎の溶接トーチと溶接線との位置合わせや溶接出力条件の修正に神経を使うことなく、一連の多層多パス溶接を自動で行うことができる。また、ガイドレールの設置誤差等によって溶接制御ヘッド走行方向と開先継手溶接線方向との偏差が発生したとしても、この偏差が飛び越し溶接に与える影響を自動的に補正することができるので、溶接トーチと溶接線との位置合わせや溶接出力条件の修正に神経を使うことなく、飛び越し溶接を自動で行うことができる。さらに、本発明の溶接方法によれば、非溶接時における開先ブロック検出と溶接時における開先情報検出を第1・第2の自動検出手段で行うことにより、障害物を飛び越しながらの自動溶接とその障害物除去後の連続的な自動溶接とを継続して行うことができるので、溶接線に開先ブロックがある開先継手溶接における溶接作業の完全自動化を図ることができる。よって、従来の手動溶接からの脱却を図りつつ健全な溶接品質を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例による自動溶接装置の概略構成を示す斜視図である。

【図2】図1に示した溶接制御ヘッド、溶接コントローラ、演算制御装置、センサ画像処理装置内部の機能ブロック図である。

【図3】検出する開先ブロックの配置を表す概念図である。

【図4】図3に示された開先ブロックを検出する動作の実行手順を表すフローチャートである。

【図5】溶接制御ヘッドの走行動作を表す説明図である。

【図6】開先ブロックの設置箇所・非設置箇所の断面を表す概念図である。

【図7】図6に表された断面を撮像した生画像とこの生画像をセンサ画像処理装置で画像処理を施した後の検出画像を表す図である。

【図8】飛び越し溶接時における溶接トーチの動作経路

を表す説明図である。

【図9】図8の動作経路の詳細説明図である。

【図10】ブロック飛び越し溶接の実行手順を示すフローチャートである。

【図11】ブロック飛び越し溶接の実行手順を示すフローチャートである。

【図12】図10に示された手順182の詳細を示すフローチャートである。

【図13】飛び越し溶接時に開先ブロック非設置箇所に行う仮付け溶接断面を表す概念図である。

【図14】ブロック除去後の溶接の実行手順を表すフローチャートである。

【図15】ブロック除去後の溶接の実行手順を表すフローチャートである。

【図16】既に分割溶接済みの開先ブロック非設置箇所断面を撮像した生画像とこの生画像をセンサ画像処理装置で画像処理を施した後の検出画像を表す図である。

【図17】初層裏波溶接のときに行われる、完全とけ込み裏ビードが生じる溶接断面を表す概念図である。

【図18】多層多パス溶接最中における溶接断面を撮像した生画像を表す図である。

【図19】最終パスが終了し積層多パスビードが生じた溶接断面を表す概念図である。

【図20】本発明の第2の実施例による自動溶接装置の概略構成を示す斜視図である。

【図21】飛び越し溶接時における溶接トーチの動作経路を表す説明図である。

【図22】円管の円周開先継手の構造を示す図である。

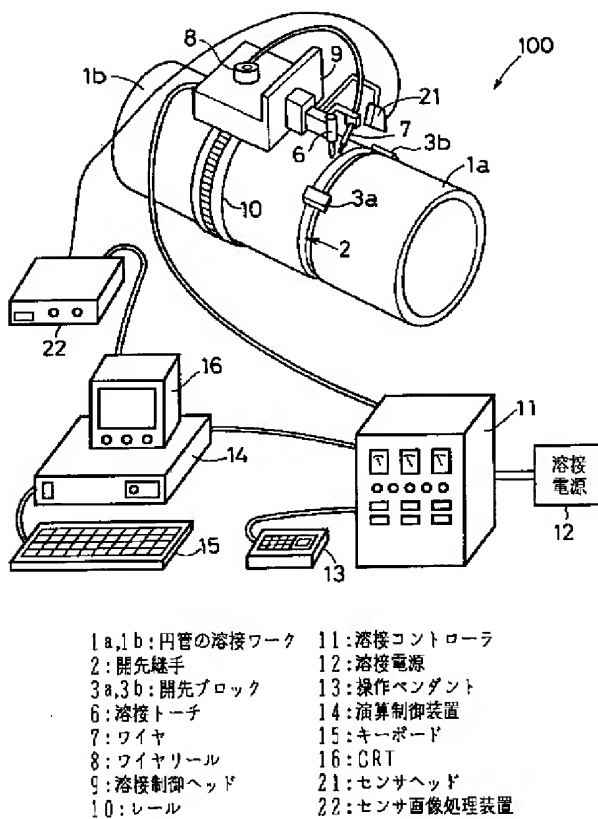
【図23】インサートリングを設ける場合の開先継手の構造を示す図である。

【符号の説明】

1 a, 1 b	円管の溶接ワーク
1 c, 1 d	平板の溶接ワーク
2	開先継手
3 a, 3 b, 3 c, 3 d	開先ブロック
4	溶接固定部
5	インサート
6	溶接トーチ
7	ワイヤ
8	ワイヤリール
9	溶接制御ヘッド
10	レール
11	溶接コントローラ
12	溶接電源
13	操作ペンダント
14	演算制御装置
15	キーボード
16	CRT
18	仮付け溶接の溶接ビード
19	完全溶け込みの裏ビード

21	センサヘッド
21 a	レーザ投光器
21 b	撮像カメラ
21 c	干渉フィルタ
22	センサ画像処理装置
23	画像モニタ
24	モニタ画面
24 a	開先線の生画像
24 b	ブロック線の生画像
25 a, 25 b	画像処理後の検出画像
26	多パス溶接時の開先線の生
画像	
27	画像処理後の検出画像
101	直線レール
102	開先継手
103 a, 103 b	開先ブロック

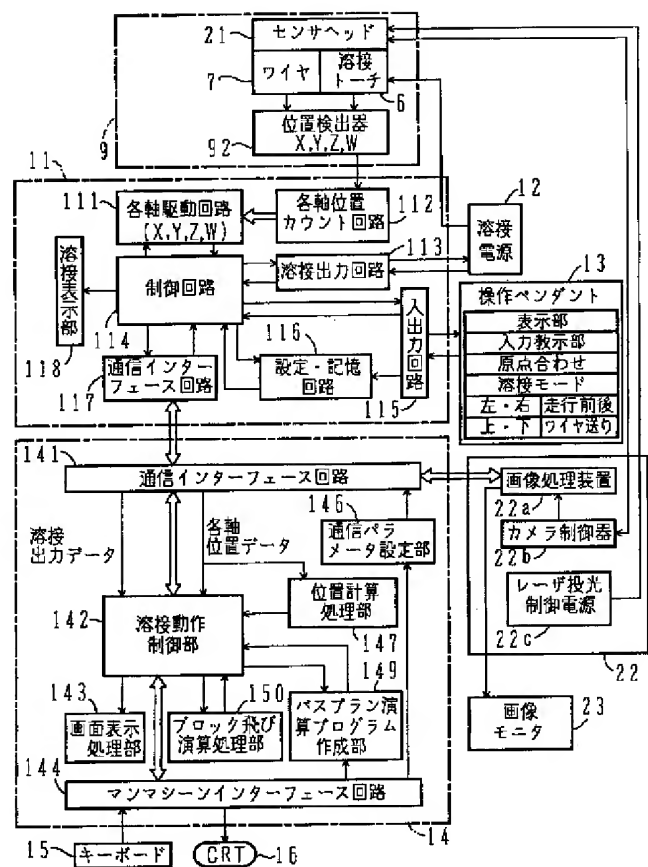
【図1】



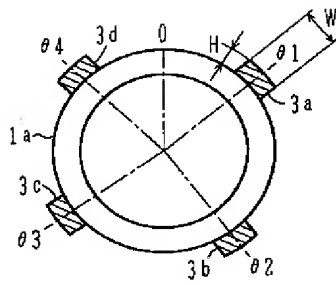
34

D	溶接ワークの外径
E	エンド位置
E ₀	溶接終了位置
H	開先ブロック高さ
L	接触回避距離
L _s	センサの先行距離
P ₀ ~ P ₁₆	溶接トーチの動作経路
S	スタート位置
S ₀	溶接開始位置
10 W	開先ブロック幅
Y ₁ , Y ₂	開先ブロック設置位置
θ_s	センサ検出点の角度
θ_T	溶接トーチ移動点
$\theta_1 \sim \theta_4$	開先ブロック設置角
イ〜リ	積層多パスビード

【図2】

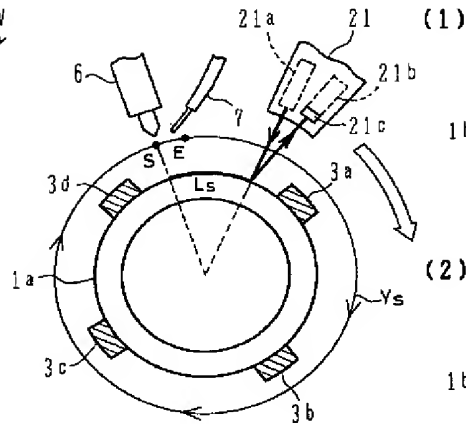


【図3】



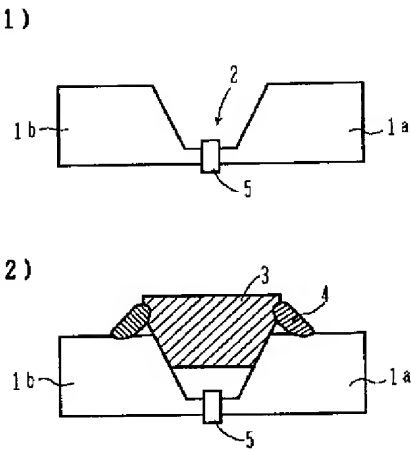
3a, 3b, 3c, 3d: 開先ブロック
H: 開先ブロック高さ
W: 開先ブロック幅

【図5】



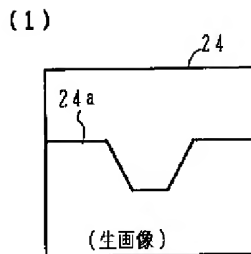
21a: レーザ投光器
21b: 撮像カメラ
21c: 干渉フィルタ
E: エンド位置
Ls: センサの先行距離
S: スタート位置

【図6】

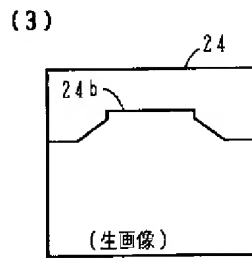


4: 溶接固定部
5: インサート

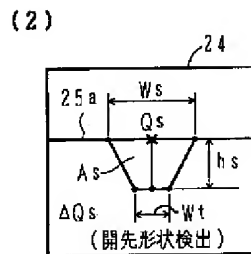
【図7】



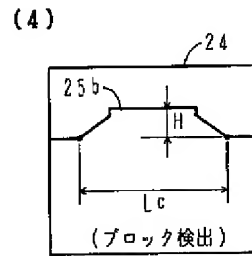
24a: 開先線の生画像



24b: ブロック線の生画像

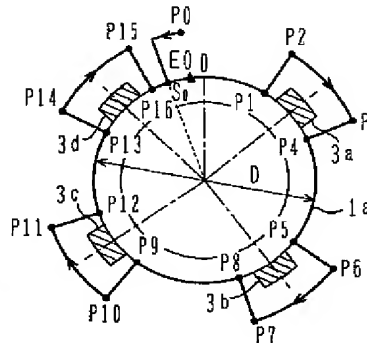


25a: 画像処理後の検出画像



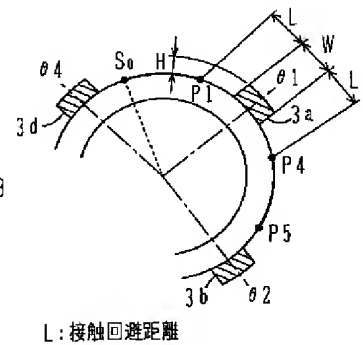
25b: 画像処理後の検出画像

【図8】



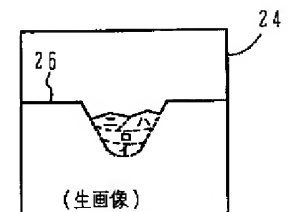
D: 溶接ワークの外径
E0: 溶接終了位置
P0~P16: 溶接トーチの動作経路
S0: 溶接開始位置

【図9】



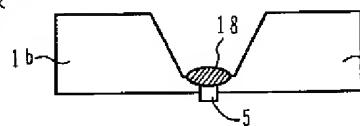
L: 接触回避距離

【図18】



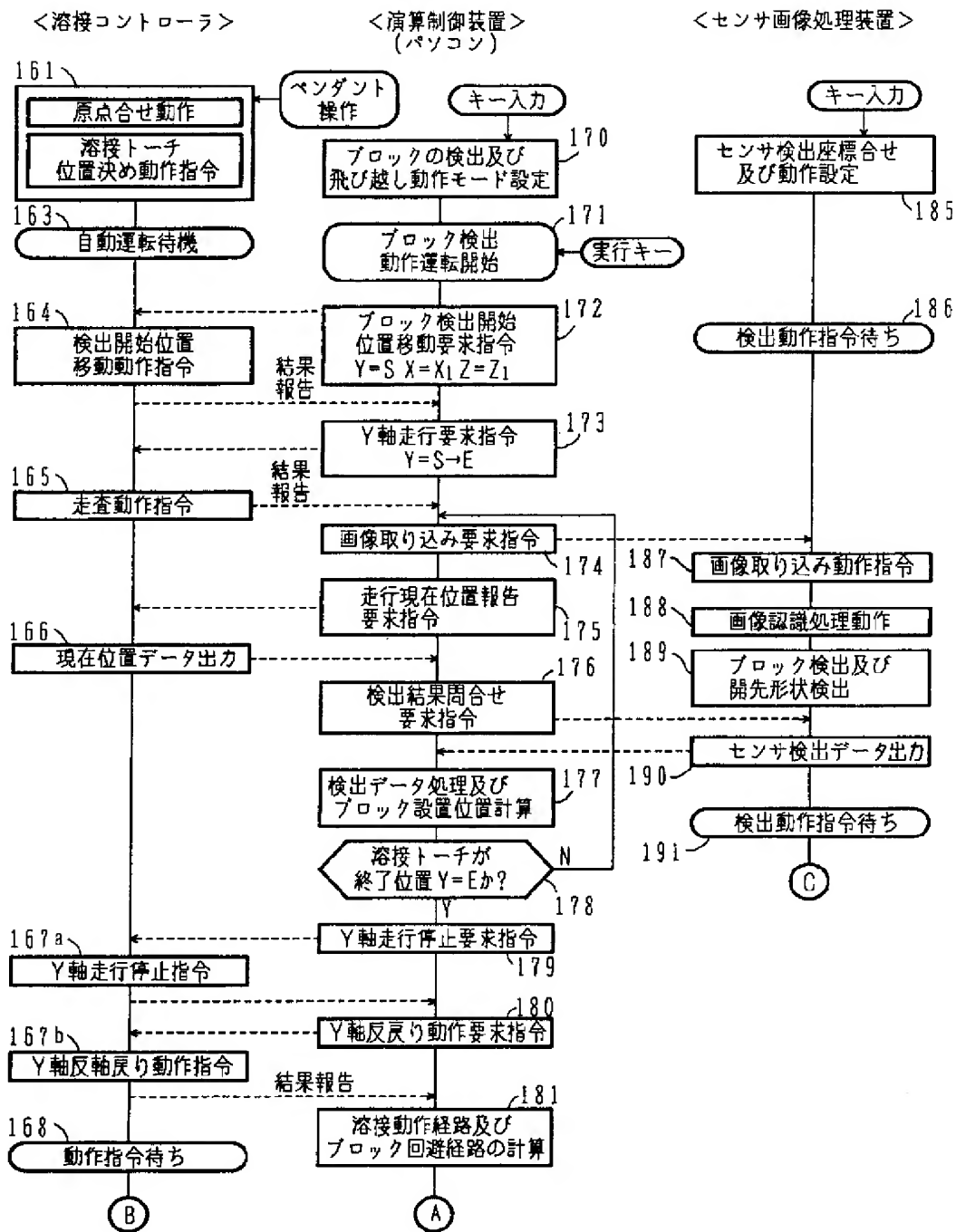
26: 多パス溶接時の開先線の生画像

【図13】

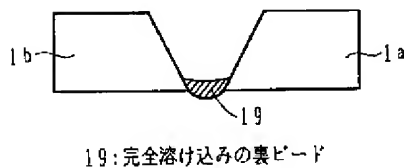


18: 仮付け溶接の溶接ビード

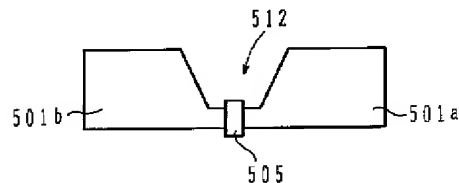
【図4】



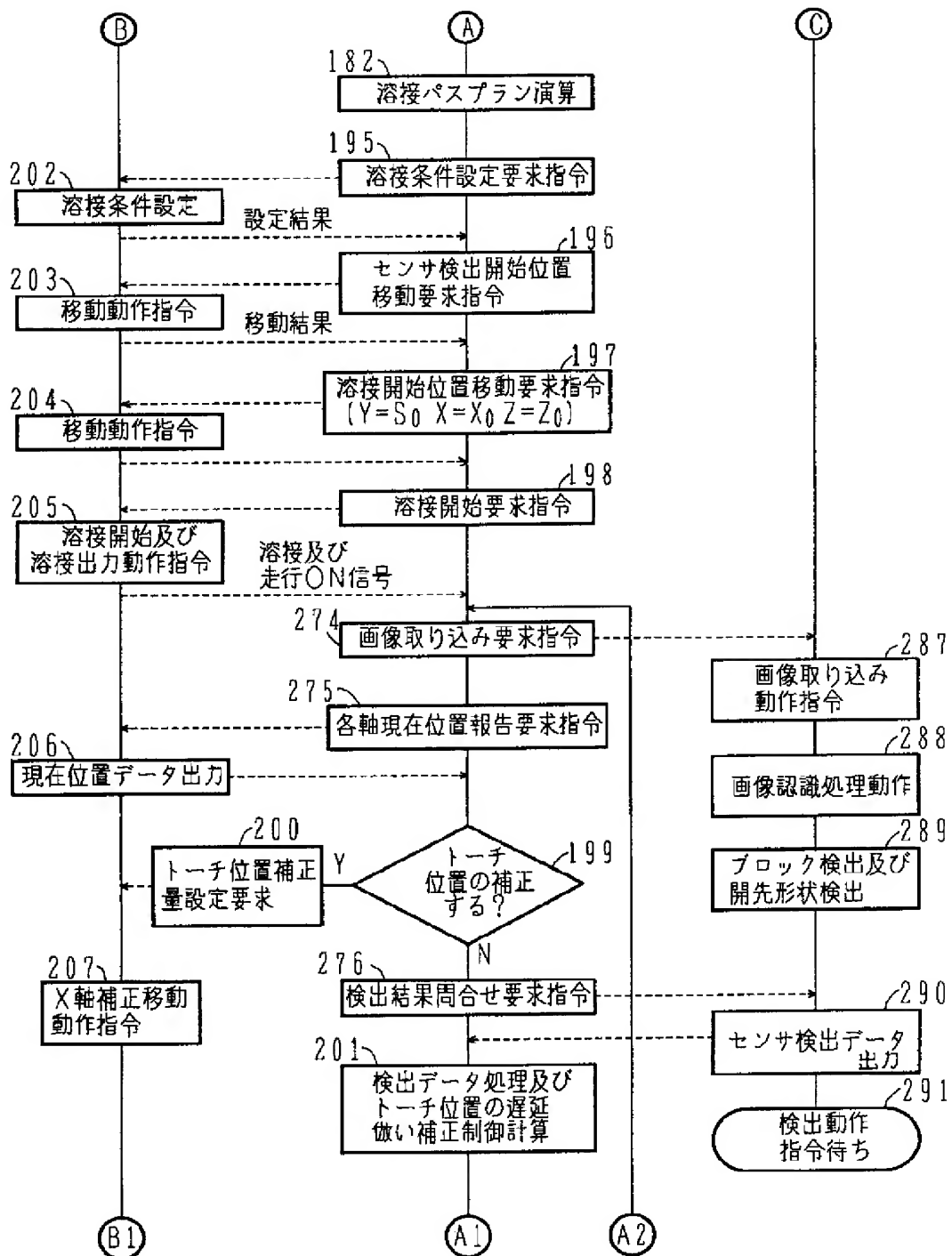
【図17】



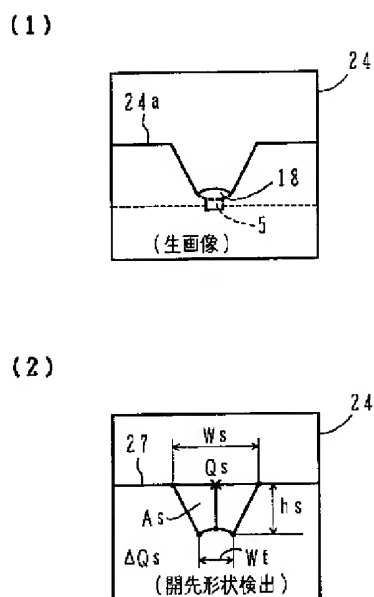
【図23】



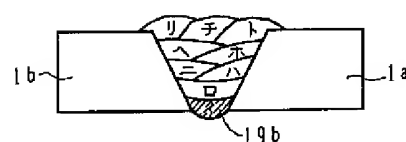
【図10】



【例 16】

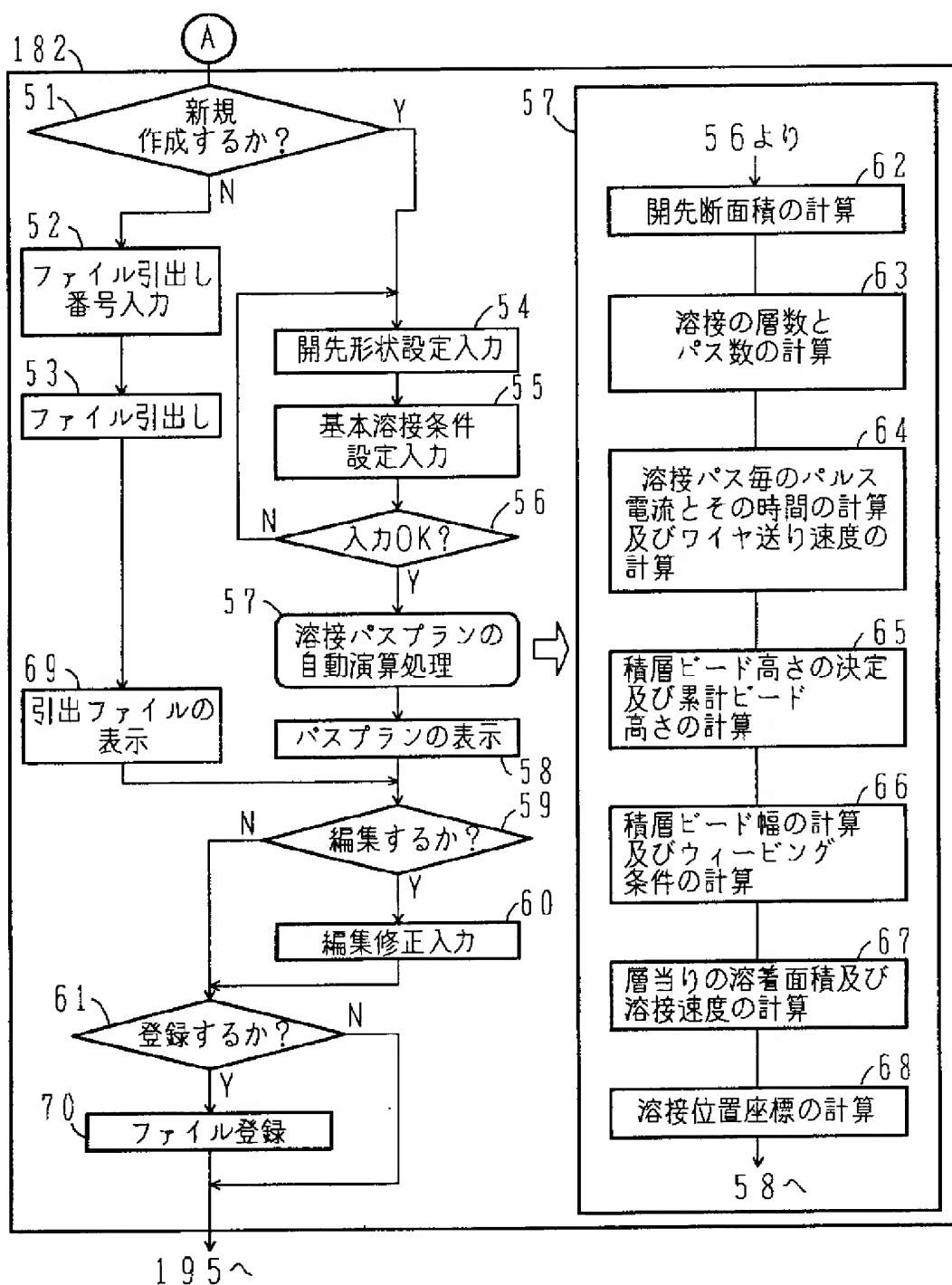


【图 19】

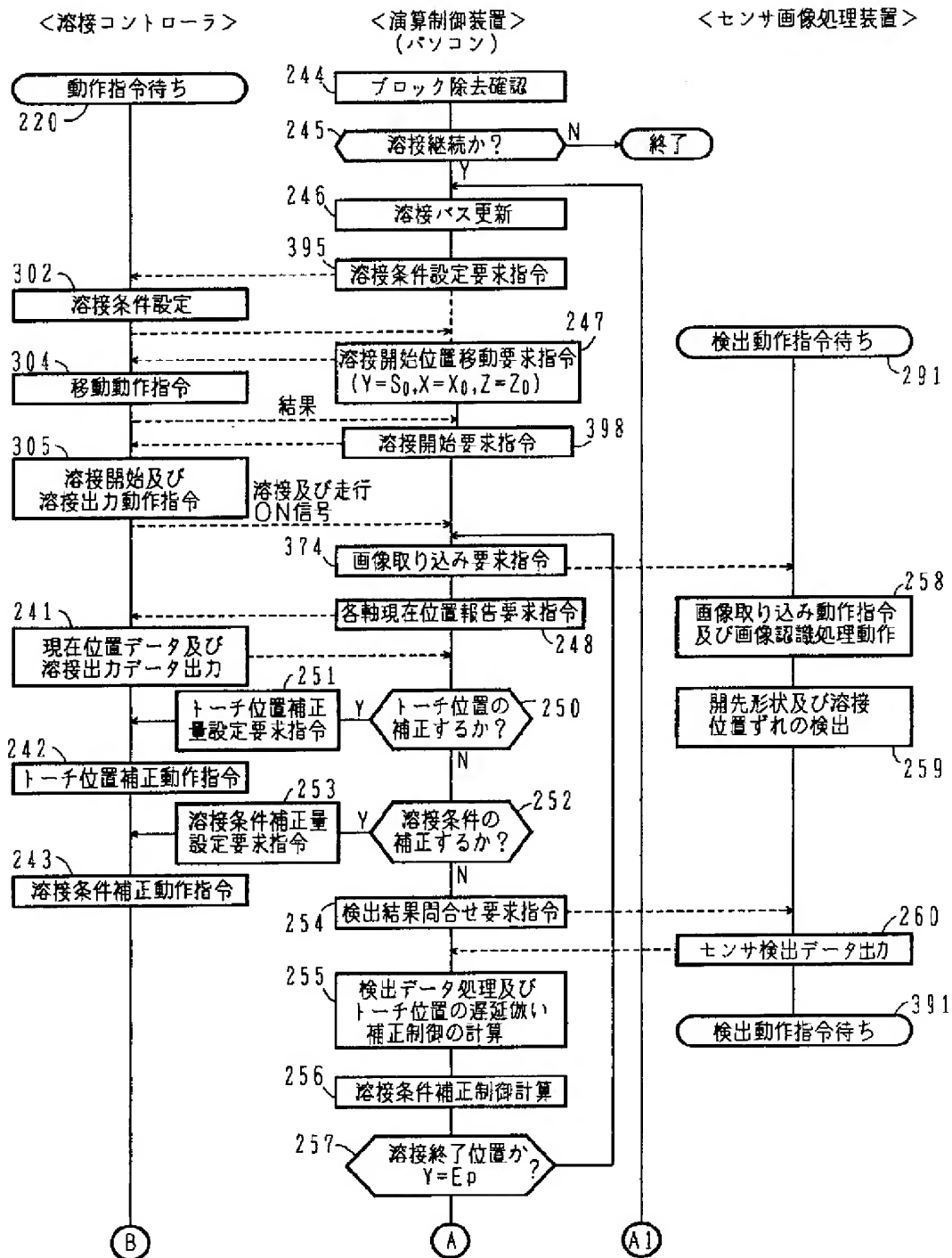


イ〜リ：積層多パスビード

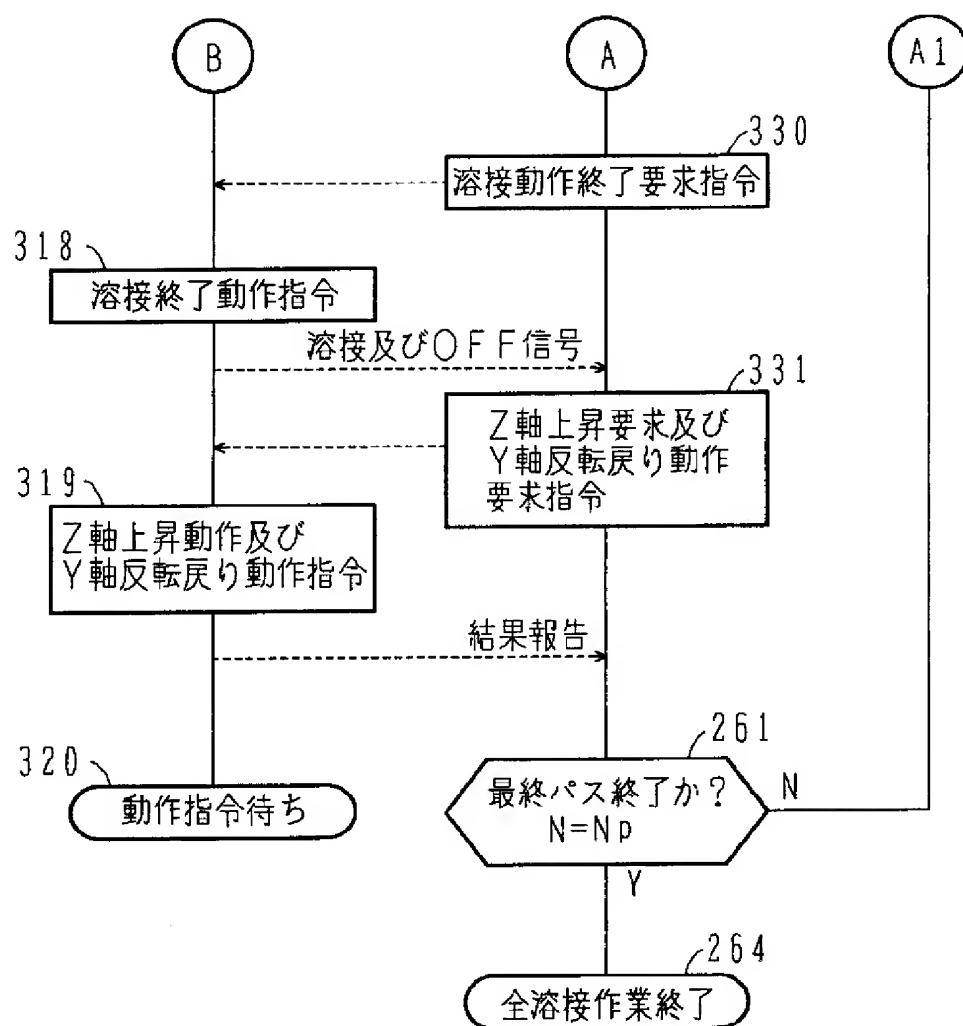
【図12】



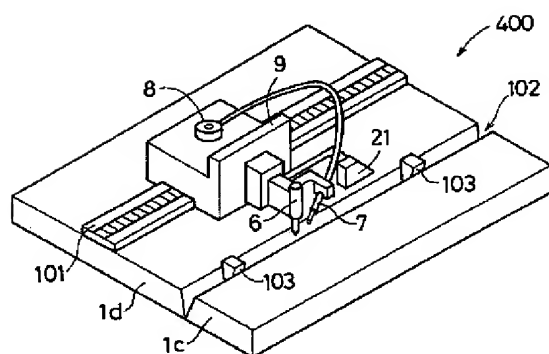
【図14】



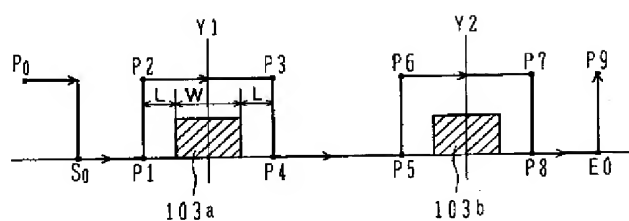
【図15】



【図20】



【図21】

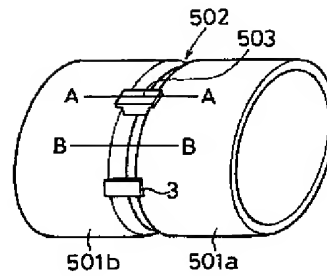


Y_1, Y_2 : 開先ブロック設置位置

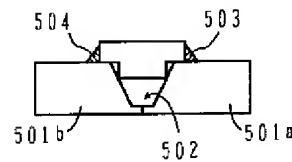
- 101: 直線レール
- 102: 開先継手
- 103a, 103b: 開先ブロック
- 1c, 1d: 平板の溶接ワーク

【図22】

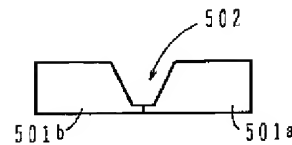
(a)



(b)



(c)



 フロントページの続き

(72)発明者 柴田 信雄
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72)発明者 中島 吉男
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72)発明者 菊池 宏成
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72)発明者 上原 壮夫
茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内

(72)発明者 小林 正宏
茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内

(72)発明者 日野 英司
茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内

(72)発明者 水口 和彦
茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内

PAT-NO: JP408267242A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 08267242 A
TITLE: EQUIPMENT AND METHOD FOR
AUTOMATIC WELDING
PUBN-DATE: October 15, 1996

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
-------------	----------------

IMANAGA, AKIYOSHI	
HANEDA, MITSUAKI	
FURUSAWA, KOICHIRO	
SHIBATA, NOBUO	
NAKAJIMA, YOSHIO	
KIKUCHI, HIRONARI	
UEHARA, TAKEO	
KOBAYASHI, MASAHIRO	
HINO, EIJI	
MIZUGUCHI, KAZUHIKO	

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
-------------	----------------

HITACHI LTD	N/A
-------------	-----

APPL-NO: JP07075425
APPL-DATE: March 31, 1995

INT-CL (IPC): B23K009/095

ABSTRACT:

PURPOSE: To achieve the full automation of the welding work in a groove joint welding of a work to be welded with a groove block on the weld line using a detecting means capable of detecting the position of an obstacle when no welding is achieved and detecting the information on the groove during the welding, and realizing the automatic welding jumping the obstacle and the automatic welding after the obstacle is removed.

CONSTITUTION: After the position, etc., of a groove block 3 installed on a groove joint 2 before the welding is detected by a sensor head 21 and a sensor image processor 22, a mobile welding control head 9 is traveled based on the detected results to start the automatic welding, a welding torch 6 is jumped at the part with the groove block 3, while the temporary welding is achieved at the part without any groove block 3, and the divided welding is achieved. After the groove block 3 is removed, the connection welding, the initial pass back bead welding, the multi-layer multi-pass welding in the whole region in the groove joint are automatically achieved while the welding position of the welding torch 6 is successively monitored by the sensor head 21.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO